

ENGENHARIA: A MÁQUINA QUE CONSTRÓI O FUTURO

VOLUME III



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Engenharia: a máquina que constrói o futuro

1ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

1ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238E Engenharia: a máquina que constrói o futuro

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2021

581 f.: il

DOI: 10.37423/2021.edcl249

ISBN: 978-65-89145-99-8

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. desenvolvimento 2. projeto 3. construção I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 620

<https://doi.org/10.37423/2021.edcl249>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto

Dr. Anderson Reis de Sousa

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2021

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	11
UM PEQUENO “TOOLBOX” DE ALGORITMO GENÉTICO PARA CONTROLADORES PID NO “SOFTWARE” SCILAB	
Caio César da Cunha Feitoza	
Gledson Melotti	
Humberto Mendes Mazzini	
DOI 10.37423/210403955	
CAPÍTULO 2	26
O PROJETO ESTRUTURANTE NO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DO CEFET/RJ – UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO MULTIDISCIPLINAR	
Rodrigo Ventura da Silva	
Marina Rodrigues Brochado	
Paulo Enrique Stecklow	
Christine Ferreira dos Santos Gonzalez	
DOI 10.37423/210504023	
CAPÍTULO 3	35
ESTIMATIVA TEORICO DA PRODUÇÃO DE METANO NO ATERRO SANITARIO DE VITORIA DA CONQUISTA - BA	
Welder Cardoso Oliveira	
DOI 10.37423/210504027	
CAPÍTULO 4	46
HORTA ESCOLAR: UMA ESTRATÉGIA PARA FAVORECER UM BOM HÁBITO ALIMENTAR E CONSERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE.	
Thamires Oliveira da Silva	
Tácio Luis de Andrade Conceição	
Aline Rocha Brito	
Mirley Santos Meira	
DOI 10.37423/210504029	
CAPÍTULO 5	56
O DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO MATEMÁTICO PARA A PREVISÃO DA APROVAÇÃO DA DISCIPLINA DE CÁLCULO 1 UTILIZANDO REGRESSÃO LOGÍSTICA	
IGOR RODRIGUES DE NARDI	
ALESSANDRA MACEDO DE SOUZA	
SHIRLEY CRISTINA CABRAL NASCIMENTO	
JOSÉ BENÍCIO DA CRUZ COSTA	
LOURIVAL MAURÍCIO NASCIMENTO JÚNIOR	
DOI 10.37423/210504030	

CAPÍTULO 6	69
APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS SUSTENTÁVEIS NA GESTÃO DE RESÍDUOS PROVENIENTES DE CANTEIROS DE OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	
José Lima do Nascimento Maurício de Sousa Pereira DOI 10.37423/210504034	
CAPÍTULO 7	85
O CONHECIMENTO DA LOGÍSTICA REVERSA ENTRE COMERCIANTES DA CIDADE DE MACAPÁ	
Jorgeana Barros Barata Veridiano Souza Neto Artur Jorge Braga de Souza Orleno Marques da Silva Junior. DOI 10.37423/210504039	
CAPÍTULO 8	101
RESÍDUOS SÓLIDOS E DESENVOLVIMENTO SOCIAL DOS CATADORES NO ATERRO DE MACAPÁ – AMAPÁ	
Jorgeana Barros Barata Maxwell Moreira Baia Orleno Marques da Silva Júnior DOI 10.37423/210504040	
CAPÍTULO 9	122
QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL DE ENGENHEIROS PARA O ENSINO TÉCNICO NA ÁREA DE MECÂNICA	
Julio Cezar Barcellos da Silva DOI 10.37423/210504042	
CAPÍTULO 10	134
GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM EMPREENDIMENTOS DE MÉDIO E GRANDE PORTE NA CIDADE DE VITÓRIA DA CONQUISTA - BAHIA	
Gislane Nunes de Andrade DOI 10.37423/210504063	
CAPÍTULO 11	146
APLICAÇÃO BASEADA NA TECNOLOGIA CLIENTE E SERVIDOR UTILIZANDO INVOCAÇÃO DE MÉTODO REMOTO	
Rafael Sanzio Macedo Porto Rodrigo Rafael Rodrigues Ruy de Oliveira Valtemir Emerencio do Nascimento Ed' Wilson Tavares Ferreira DOI 10.37423/210504071	

CAPÍTULO 12	162
APLICAÇÃO DIDÁTICA DE UM CONTROLE PID NO LEGO® MINDSTORMS® NXT 2.0 USANDO MATLAB®	
Lucivando Ribeiro de Araújo	
Alânio Ferreira Lima	
Josa Rodrigues Vidal Júnior	
Vandilberto Pereira Pinto	
DOI 10.37423/210504075	
CAPÍTULO 13	175
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE FLUIDOS IMÍSCIVEIS (ÁGUA-ÓLEO) EM DUTOS CIRCULARES E PLACAS PLANAS	
Artur Kimura	
Carolina Valente de Oliveira	
Élcio Nogueira	
DOI 10.37423/210504076	
CAPÍTULO 14	190
ESTUDO SOBRE KITS DE ROBÓTICA PEDAGÓGICA ATRAVÉS DE UMA ANÁLISE COMPARATIVA TENDO COMO PARÂMETRO: CUSTOS E CARACTERÍSTICAS DE ENSINO.	
Maruedson Pires Martins	
Alan Paranhos de Souza e Silva	
Danilo Leite Pontes	
Gabriel Santos Oliveira	
Robson Marinho Silva	
Adjeferson Custódio Gomes	
DOI 10.37423/210504100	
CAPÍTULO 15	203
USER INTERFACE (UI): UM ESTUDO DE INTERFACES CONVERGENTES PARA INTERNET DAS COISAS (IOT)	
Marcelo Falco	
Lucca Manfredi	
DOI 10.37423/210504084	
CAPÍTULO 16	220
DESAFIO PET DE ROBOTICA	
Jefferson Costa e Silva	
Mateus Delfino Romão	
Tairone Mamede da Silva Fernandes	
Laryssa Maria de Sousa Duarte	
Walisson da Silva Soares	
DOI 10.37423/210504090	

CAPÍTULO 17	231
FENÔMENOS CLIMÁTICOS ESTÃO RELACIONADOS À PRODUÇÃO DE CULTURAS ANUAIS? ESTUDO DE CASO EM TIBAGI-PR	
Ana Flávia Bilmayer Guilherme Gobbi Teixeira Raquel de Oliveira Bueno Débora Cristina de Souza Adriele Rodrigues dos Santos Ana Paula Peron Paulo Agenor Alves Bueno DOI 10.37423/210504092	
CAPÍTULO 18	242
RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DE TINTAS USADAS EM UMA INDÚSTRIA CALÇADISTA USANDO TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS	
Rodrigo Maciel Lima Lívia Ponte Sousa Joyciane Coelho Vasconcelos Eliana de Jesus Lopes Maurício de Sousa Pereira Flávio Albuquerque Ferreira da Ponte DOI 10.37423/210504093	
CAPÍTULO 19	256
COMPUTATIONAL SOFTWARE FOR EDUCATIONAL AND PRACTICAL PURPOSES: FOPDT IDENTIFICATION AND PI-IMC TUNING	
R. B. Araujo D. C. Jeronymo A. A. R. Coelho DOI 10.37423/210504094	
CAPÍTULO 20	274
TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE GEOMETRIA GRÁFICA EM CURSOS DE ENGENHARIAS: UM ESTUDO DE CASO. VINICIUS ALBUQUERQUE FULGENCIO	
Andiara Valentina de Freitas e Lopes Sadi da Silva Seabra Filho Augusto José Magno Fernandes DOI 10.37423/210504095	

CAPÍTULO 21 287

SISTEMA VIÁRIO DE SÃO PAULO: ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM CORREDOR DE ÔNIBUS E SUA EFICIÊNCIA NA MELHORIA DA MOBILIDADE URBANA

Adriano Perez Miranda Ferreira
Leandro Botelho Gomes da Silva
Mariana Amarins Cherrate dos Reis
Oswaldo Ramos Tsan Hu
Sergio Vicente Denser Pamboukian

DOI 10.37423/210504104

CAPÍTULO 22 301

UTILIZAÇÃO DE PBL NO ENSINO DE ROBÓTICA MÓVEL PARA ESTUDANTES DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

Guilherme V. Schwade
Mauro J. Moreira
Lucas E. P. Mizusaki
Dante A. C. Barone

DOI 10.37423/210504106

CAPÍTULO 23 317

ANÁLISE DE CASOS DE INFILTRAÇÃO EM EDIFICAÇÕES NO CENTRO DE PATOS DE MINAS- MINAS GERAIS

Amanda Moreira de Sousa
Bárbara Danne Marinha Silva
Emilly Isabella Aleixo Lima Scalon
Luíza Andrade Álvares
Sheyla Pereira Vieira

DOI 10.37423/210504107

CAPÍTULO 24 328

DIRETRIZES DE USABILIDADE E ACESSIBILIDADE PARA DESIGN DE INTERFACES PARA USUÁRIOS IDOSOS

Alinne Victória Martins Ferreira
Ivana Márcia Oliveira Maia
Lara Maria Almeida Ferreira
Anselmo Cardoso de Paiva

DOI 10.37423/210504110

CAPÍTULO 25 343

APLICAÇÃO DO MASP (QC STORY) NO CICLO BÁSICO DOS CURSOS DE ENGENHARIA DE
UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR

C. H. GONÇALVES

Paula M. M. PEREIRA

M. P. S. M. P. PALMIERI

W. L. V. SILVA

Z. A. S. SANTOS

DOI 10.37423/210504117

CAPÍTULO 26 353

A GESTÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NOS CURRÍCULOS DAS ENGENHARIAS AGRÍCOLA,
AMBIENTAL E SANITÁRIA, EM INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR DO BRASIL

Valéria Cristina Palmeira Zago

Elizabeth Regina Halfeld da Costa

Carmem Eliza Aparecida de Oliveira Malta

Téspis Nascimento Marangoni

Raphael Tobias de Vasconcelos Barros

DOI 10.37423/210504119

CAPÍTULO 27 367

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA MELHORIA DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE
GESTÃO NO NOVO SINDICALISMO BRASILEIRO APÓS A REFORMA TRABALHISTA

Rousilene Corrêa de Carvalho Melo

Stella Regina Reis da Costa

DOI 10.37423/210504120

CAPÍTULO 28 384

ATIVIDADES DE EXTENSÃO NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO: A EXPERIÊNCIA DA UFG

Cacilda de Jesus Ribeiro

Rosângela Nunes Almeida de Castro

Ademyr Gonçalves de Oliveira

Arthur Moisés da Costa Borges

Átila Gracco Silva

Felipe Resende de Carvalho Sousa

Lourenço Matias

Yi Lun Lu

DOI 10.37423/210504123

CAPÍTULO 29	396
FERRAMENTAS DE ENSINO DE PLD E VHDL PARA CURSOS DE CURTA DURAÇÃO: UMA PROPOSTA BASEADA EM KITS DIDÁTICOS MODULARES	
Michel Guterres	
Francisco Édson Nogueira de Mélo	
Adriano Regis	
Roberto Alexandre Dias	
DOI 10.37423/210504124	
CAPÍTULO 30	412
TRIÓXIDO DE MOLIBDÊNIO (MOO ₃) SUPORTADO NA PENEIRA MOLECULAR SBA-15 PARA APLICAÇÃO NA REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO	
Bruno Taveira da Silva Alves	
Bianca Viana de Sousa Barbosa	
José Jailson Nicácio Alves	
DOI 10.37423/210504126	
CAPÍTULO 31	422
AVALIAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS NA CONSTRUÇÃO DE UMA POLITRIZ ROTATIVA DE BAIXO CUSTO PARA METALOGRAFIA DE LIGAS METÁLICAS	
Rangel Vasconcelos da Silva Pinto	
Tamires Isabela Mesquita Botelho	
Maria Adrina Paixão de Souza da Silva	
DOI 10.37423/210504129	
CAPÍTULO 32	433
AVALIAÇÃO DO TEMPO DE CRISTALIZAÇÃO E DO TEOR DE CÉRIO NA SÍNTESE DIRETA DO CATALISADOR CEO ₂ -SBA-15 E SUA APLICAÇÃO NA REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO	
Bruno Taveira da Silva Alves	
Jonas Santana Albuquerque	
Bianca Viana de Sousa Barbosa	
José Jailson Nicácio Alves	
DOI 10.37423/210504130	

CAPÍTULO 33	443
DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES SANITÁRIAS EM ESTABELECIMENTOS ALIMENTÍCIOS UNIVERSITÁRIOS	
Ellem Cristiane Morais de Sousa Contente Lilyanne Rocha Garcez Elias Simão Assayag Vanessa Paula de Souza Gomes Helder Regis Santos João Francisco Pereira Procópio Ingrid Melo Risuenho DOI 10.37423/210504137	
CAPÍTULO 34	457
APLICAÇÕES DO SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID	
Thiago de Santana Souza Diego Lopes Coriolano DOI 10.37423/210504147	
CAPÍTULO 35	466
RASTREADOR SOLAR CONTROLADO POR ARDUINO	
Thiago de Santana Souza Diego Lopes Coriolano DOI 10.37423/210504148	
CAPÍTULO 36	476
A CONTRIBUIÇÃO DOS SISTEMAS BIM PARA O PLANEJAMENTO ORÇAMENTÁRIO DAS OBRAS PÚBLICAS: ESTUDO DE CASO DO AUDITÓRIO E DA BIBLIOTECA DE PLANALTINA- DF	
Ludmila Santos de Andrade DOI 10.37423/210504169	
CAPÍTULO 37	490
FABRICAÇÃO DE CORPOS DE PROVA ARGILOSOS UTILIZANDO ARGILAS E ADITIVOS ORGÂNICOS	
GERBESON CARLOS BATISTA DANTAS SILEIDE DE OLIVEIRA RAMOS PATRÍCIA MENDONÇA PIMENTEL TARCISIO ELOI DE ANDRADE JÚNIOR SÂMEA VALENSCA ALVES BARROS DOI 10.37423/210504173	

CAPÍTULO 38	499
MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO TRAÇADOR CO ₂ EM UM REATOR TRIFÁSICO DE LEITO MICRO-EMPACOTADO: UM ESTUDO EXPERIMENTAL	
Jornandes Dias Silva	
DOI 10.37423/210504186	
CAPÍTULO 39	511
BIOMASS CONVERSION INTO SOLUBLE CARBOHYDRATES AND CATALYTIC HYDROGENATION FOR POLYOLS PRODUCTION	
Jornandes Dias Silva	
DOI 10.37423/210504187	
CAPÍTULO 40	525
CLASSIFICAÇÃO DE JAZIMENTOS DE ARGILAS LOCALIZADOS EM MUNICÍPIO DO INTERIOR POTIGUAR	
SILEIDE DE OLIVEIRA RAMOS	
GERBESON CARLOS BATISTA DANTAS	
PATRÍCIA MENDONÇA PIMENTEL	
TARCISIO ELOI DE ANDRADE JÚNIOR	
SAMEA VALENSCA ALVES BARROS	
DOI 10.37423/210504188	
CAPÍTULO 41	535
ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS DE SÍNTESE DE PIGMENTOS	
Gerbeson Carlos Batista Dantas	
PATRÍCIA MENDONÇA PIMENTEL	
KAIQUE MATHEUS BARBOSA FERREIRA	
TARCISIO ELOI DE ANDRADE JÚNIOR	
SÂMEA VALENSCA ALVES BARROS	
SILEIDE DE OLIVEIRA RAMOS	
DOI 10.37423/210504189	
CAPÍTULO 42	545
INFLUENCIA DA DOPAGEM DO SÍTIO B NAS PROPRIEDADES ÓPTICAS E ESTRUTURAIS DO ALUMINATO DE LANTÂNIO	
Gerbeson Carlos Batista Dantas	
PATRÍCIA MENDONÇA PIMENTEL	
SAYONARA VANESSA DE MEDEIROS LIMA	
SAMEA VALENSCA ALVES BARROS	
TARCISIO ELOI DE ANDRADE JÚNIOR	
SILEIDE DE OLIVEIRA RAMOS	
DOI 10.37423/210504190	

CAPÍTULO 43 555

TECNICAS DE CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DIRECIONADAS À GEOLOGIA APLICADA
À ENGENHARIA

SAMEA VALENSCA ALVES BARROS
GERBESON CARLOS BATISTA DANTAS
MARIA DE LOURDES XAVIER DE FRANÇA NETA
PATRÍCIA MENDONÇA PIMENTEL
TARCISIO ELOI DE ANDRADE JÚNIOR
SILEIDE DE OLIVEIRA RAMOS
DOI 10.37423/210504191

CAPÍTULO 44 565

USO DE FILITO COMO AGREGADO MIÚDO NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA

André Fontebassi Amorim Silva
Jéssica da Silva Coelho
Jéssica Laila Rodrigues de Sousa
Célio Adriano Lopes
DOI 10.37423/210504193

CAPÍTULO 45 572

REVESTIMENTOS POLIMÉRICOS UTILIZADOS NO COMBATE À CORROSÃO EM AÇOS

Juliana de Figueiredo Lima
Eudésio Oliveira Vilar
DOI 10.37423/210504198

Capítulo 1



10.37423/210403955

UM PEQUENO “TOOLBOX” DE ALGORITMO GENÉTICO PARA CONTROLADORES PID NO “SOFTWARE” SCILAB

Caio César da Cunha Feitoza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

Gledson Melotti

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

Humberto Mendes Mazzini

Universidade Federal de São João del Rei



Resumo: *Inúmeros problemas da engenharia são solucionados por meio de técnicas que pertencem à área de inteligência computacional. Tais técnicas englobam os algoritmos genéticos (AGs). Dentre os vários problemas solucionados por AGs pode-se destacar a determinação dos parâmetros de um controlador proporcional-integral-derivativo (PID), que são amplamente utilizados em ambiente industrial, a despeito do crescente desenvolvimento da tecnologia e da teoria de sistemas de controle. Nesse sentido, faz-se necessária a introdução de técnicas de algoritmos genéticos no ensino de cursos técnicos, pois muitos alunos desses cursos estão em contato direto com a teoria e prática de processos industriais, bem como com o estudo da sintonia dos parâmetros de um controlador PID. De maneira a suprir a falta de conteúdos relacionados com inteligência computacional no ensino técnico, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de pequeno "toolbox", que utiliza um algoritmo genético (AG) na obtenção dos parâmetros de um controlador PID. O "toolbox" em questão foi desenvolvido no ambiente SCILAB, um "software" FOSS ("Free Open Source Software").*

Palavras-chave: *Controle PID, Algoritmo genético, SCILAB, "Software" FOSS, "Toolbox".*

1. INTRODUÇÃO

A teoria de controle automático está cada vez mais integrada à área da computação. Novos algoritmos e recursos computacionais têm sido utilizados a fim de realizar os mais diversos tipos de controle (MELOTTI *et al.*, 2008a; MELOTTI *et al.*, 2008b).

Os sistemas de controle automático são encontrados em abundância em setores da indústria, tais como: controle de qualidade e fabricação de produtos, linha de montagem automática, controle de ferramentas, tecnologia espacial e de armamento, sistemas de transporte, sistemas de potência, controle de nível, controle de temperatura, robôs e muitos outros (GOMES *et al.*, 2011; DORF & BISHOP, 2009).

Dentre os vários tipos de controladores, destaca-se o controlador PID, que é indubitavelmente o mais utilizado em ambiente industrial, principalmente porque, apesar de sua simplicidade, podem assegurar resultados satisfatórios para uma grande variedade de processos (DORF & BISHOP, 2009; MELOTTI *et al.*, 2008b). A habilidade do PID em controlar grande parte dos processos do tipo industrial resulta em sua grande aceitação nesse meio. Fornecem, também, um desempenho robusto para inúmeras condições de operação. Além disso, são fáceis de programar e de simples entendimento (DORF & BISHOP, 2009; MELOTTI *et al.*, 2008a; MELOTTI *et al.*, 2008b).

O maior desafio relacionado aos controladores PID na indústria é a sintonia adequada de seus parâmetros, necessária para se produzir uma resposta adequada do sistema. Comumente, esta sintonia é realizada de forma manual através de gráficos de reposta do sistema, o que pode ocasionar lentidão no procedimento. Nesse sentido, programas computacionais simplificam e agilizam essa tarefa, como por exemplo, o MATLAB. Entretanto, tais programas às vezes possuem um alto custo de aquisição, o que inviabiliza sua utilização em grande escala. Porém, podem ser utilizados “softwares” computacionais FOSS (“Free Open Source Software”) (GOMES *et al.*, 2011; NETO & GOMES, 2010), que estão em franca expansão, como o SCILAB, de boa eficiência e de fácil manipulação (MOROMISATO *et al.*, 2007) e que será usado neste trabalho.

Nesse sentido, tornam-se importantes a implementação e a utilização de “toolboxes” no ensino de engenharia de maneira a auxiliar no aprendizado dos alunos. A exemplificação em sala de aula de métodos de controle, bem como de simulação de algoritmos genéticos, por vezes torna-se difícil, uma vez que exigem um número elevado de dados e originam matrizes de ordem muito elevadas, que são de difícil manipulação sem a colaboração de programas computacionais.

O projeto de controle utilizando métodos clássicos é dependente do conhecimento do processo para a sua análise e posterior sintonia. Tal sintonia pode ser feita de várias maneiras, dentre elas pode-se destacar a otimização por meio de algoritmo genético (AG) (SANTOS *et al.*, 2011), que será abordada neste trabalho e que consiste em determinar os três parâmetros do controlador PID: K_P (ganho proporcional), K_I (ganho integrador) e K_D (ganho derivativo). A importância de se obter parâmetros adequados para o controle PID é fazer com que a saída de um processo industrial tenha o menor erro possível, comparado com o que se deseja obter na saída do sistema (SANTOS *et al.*, 2011; DORF & BISHOP, 2009; MELOTTI *et al.*, 2008a; MELOTTI *et al.*, 2008b; MOROMISATO *et al.*, 2007).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. PROGRAMA SCILAB

Desenvolvido desde 1990 por pesquisadores da INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et em Automatique) e ENPC (École Nationale des Ponts et Chaussées), é agora mantido e desenvolvido pelo Consórcio SCILAB desde sua criação em maio de 2003. O programa SCILAB foi desenvolvido para aplicações em controle de sistemas e processamento de sinais. É distribuído gratuitamente em formato de código fonte. O SCILAB é composto de três partes distintas: um interpretador, uma biblioteca de funções (rotinas do SCILAB) e uma biblioteca de rotinas de Fortran e C. Um aspecto interessante do SCILAB é a possibilidade do desenvolvimento de cálculo matricial: manipulações básicas de matrizes como concatenação, extração ou transposição são imediatamente processadas, bem como operações básicas como adição ou multiplicação. O SCILAB também manipula objetos mais complexos que matrizes numéricas, como matrizes rotacionais ou polinomiais, além de funções de transferência, comandos matemáticos para análise de sistemas dinâmicos e gráficos (MOROMISATO *et al.*, 2007).

O SCILAB possui uma programação aberta na qual a criação das funções e bibliotecas de funções está completamente nas mãos dos usuários. Funções são reconhecidas como objetos de dados no SCILAB e, então podem ser manipuladas ou criadas como outros objetos de dados. Por exemplo, funções podem ser definidas dentro do SCILAB e passadas como argumentos de entrada ou saída para outras funções. Além disso, o SCILAB suporta dados do tipo “character string”. Matrizes de “character string” são também manipuladas com a mesma sintaxe de matrizes ordinárias (MOROMISATO *et al.*, 2007).

Finalmente, o SCILAB é facilmente ligado com subprogramas de Fortran e C. Isso permite o uso de pacotes padrões e bibliotecas no desenvolvimento do SCILAB.

A filosofia geral do SCILAB é fornecer a seguinte variedade de ambiente computacional:

- Ter tipos de dados que são variados e flexíveis com uma sintaxe que seja natural e fácil de usar.
- Fornecer uma variedade razoável de rotinas que servem como uma base para uma variedade ampla de cálculos.
- Ter um ambiente de programação aberto em que as novas rotinas sejam adicionadas facilmente.
- Suportar o desenvolvimento de biblioteca através dos "toolboxes" das funções para aplicações específicas (processamento de sinais, controle não linear, etc.).

O SCILAB fornece também um "desktop" fácil para desenvolver cálculos breves ou para um primeiro teste das funções, Figura 1a), e também possui um editor de texto integrado conhecido como SciNotes, conforme a Figura 1b).

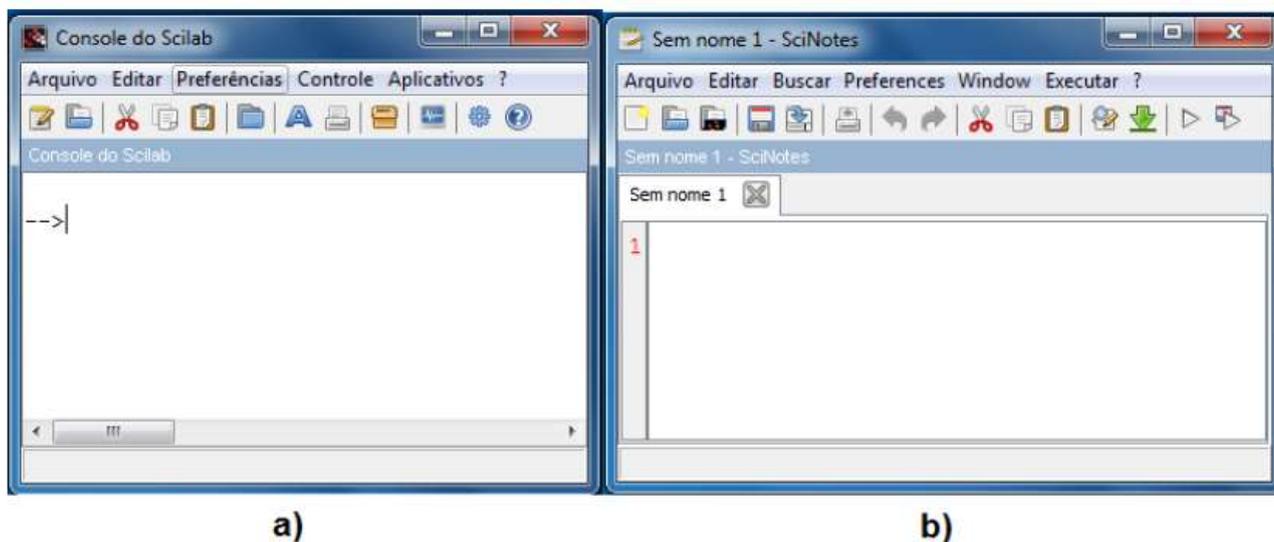


Figura 1: a) Tela principal do SCILAB; b) Tela do editor de texto.

2.2. CONTROLADOR PID

A Figura 2 representa uma estrutura genérica de uma malha de controle fechada com o algoritmo genético:

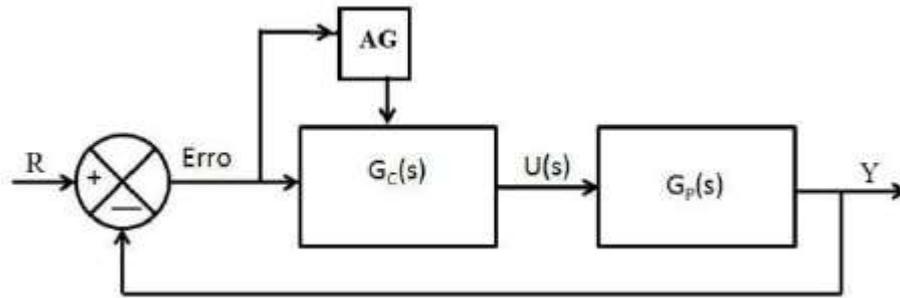


Figura : Diagrama de blocos de uma malha de controle realimentada com AG.

A entrada do sistema também é chamada de "set point". O controlador é representado por $G_C(s)$ e $G_P(s)$ é definida como o modelo da planta a ser controlada. A variável $U(s)$ é o sinal de saída do controlador, $R(s)$ a entrada do sistema, $Y(s)$ é a saída do sistema e AG é o algoritmo genético.

O controlador PID neste trabalho foi o de configuração ideal. Sua função de transferência é dada pela "Equação ()" e a malha fechada do sistema pela "Equação ()":

$$G_C(s) = \frac{K_D s^2 + K_P s + K_I}{s} \quad (1)$$

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G_P(s)G_C(s)}{1 + G_P(s)G_C(s)} \quad (2)$$

Em que K_P é o ganho proporcional, K_I é o ganho integral e K_D é o ganho derivativo. Tais parâmetros serão determinados pelo AG, a otimizar o desempenho do sistema. O erro que se origina é eliminado obtendo-se os valores adequados de K_P , K_I e K_D que minimize um índice de desempenho conhecido como ITAE¹ (integral do tempo multiplicado pelo valor absoluto do erro).

Nesse sentido, o projeto busca minimizar determinados índices de desempenho da resposta do sistema em malha fechada². Alguns desses índices são conhecidos como tempo de subida, tempo de acomodação e o sobressinal. Ao minimizar tais índices, contribui-se para minimizar o erro do sistema (resposta da saída comparada com a entrada).

2.3. ALGORITMO GENÉTICO

O algoritmo genético (AG) é uma ferramenta matemática usada para realizar uma otimização, que efetua um tipo de busca global aproximada. O AG segue o procedimento descrito a seguir (LINDEN, 2008; MELOTTI *et al.*, 2008a; TAKAHASHI & MARTINS, 2004):

- depende da informação obtida pela avaliação de diversos pontos no espaço de busca. Cada "ponto atual" é chamado de indivíduo, e o conjunto de "pontos atuais" é chamado população;
- a população converge para o ótimo de um problema através de operações sequenciais em cada iteração dos seguintes operadores: seleção, "crossover" (cruzamento), mutação e elitismo. Os operadores "crossover" e mutação são conhecidos como operadores genéticos. Segundo TAKAHASHI & MARTINS (2004) as definições de tais operadores são:

1. seleção: operação que gera uma nova população a partir da população corrente, permitindo a transmissão à nova população dos indivíduos da população atual, com maior probabilidade para os indivíduos com melhor função-objetivo;

2. cruzamento: operação que combina a informação de dois indivíduos, gerando novos indivíduos;

3. mutação: operação que "perturba" um indivíduo, gerando um novo indivíduo com alguma semelhança com o indivíduo que o originou;

4. elitismo: causa a seleção determinística de parte da população corrente, usualmente os melhores indivíduos, para integrarem a nova população.

Além dos operadores sequenciais, outras duas etapas muito importantes nos AGs são o tamanho da população e a função "fitness":

- tamanho da população: uma população pequena significa que o espaço de busca pode ter uma diversidade pequena, o que significa que o AG pode convergir prematuramente. Com uma população grande o AG pode ter uma diversidade maior, evitando assim uma convergência prematura. Dessa forma o AG pode oferecer uma solução mais eficiente, pois o espaço de busca é maior;
- função "fitness": é a função que determina a qualidade de um indivíduo. Nesse sentido, é possível comparar qual indivíduo é melhor que o outro. O melhor indivíduo, isto é, o melhor resultado é escolhido a partir do valor da função "fitness". Isso significa, em AG, que o melhor indivíduo possui o maior valor.

Cada operador genético pode ser implementado de diversas maneiras. Uma combinação de realizações específicas desses operadores constitui uma forma de algoritmo genético.

O AG básico pode ser formulado da seguinte forma:

Entrada: População inicial

Avalie a população por meio da função “fitness”

Repita (Início da evolução – gerações)

Passo 1: Seleção dos indivíduos pais por meio da “fitness”

Passo 2: Aplicar os operadores genéticos

- Aplicar “crossover” (reprodução) para cada par de pais

1. Obter os novos indivíduos (filhos)

- Aplicar mutação nos indivíduos filhos

Passo 4: Obtenha a nova população de indivíduos

Passo 3: Calcular a nova “fitness” de cada indivíduo

- Aplicar elitismo

Final: Até que o critério de parada seja atendido

Saída: Obtenha o melhor indivíduo presente na última geração.

O AG desenvolvido neste trabalho, por meio do editor de texto SciNotes do SCILAB, é o binário. Desta forma, cada indivíduo é uma sequência de números binários, nos quais se aplicam os operadores genéticos (“crossover” e mutação). Os indivíduos representados por números binários obedecem a uma faixa de limite superior e inferior de valores reais. Tais números binários são convertidos para números reais dentro do AG para obter o valor da função “fitness”. A expressão matemática que converte de um número binário para um número real dentro de uma faixa de limite de valores reais é representada pela “Equação ()” (LINDEN, 2008):

$$real = inf + \left(\frac{sup - inf}{2^k - 1} \right) \times r \quad (3)$$

em que inf é o limite inferior de um valor real, sup é o limite superior de um valor real, k é o número de bits que compõe um indivíduo e r é o número real correspondente ao número binário.

2.4. MODELO PARA OTIMIZAÇÃO

Foi formulado um modelo matemático para realizar a otimização do controle PID, a fim de determinar os ganhos K_P , K_I e K_D . O modelo, M_1 , considera o índice de desempenho ITAE.

$$M_1 = minimize \left(ITAE = \int_0^t t \times |e(t)| dt \right) \quad (4)$$

Nota-se que o modelo M_1 , dentro do AG, foi formulado em termos de maximização, pois se trata de um algoritmo evolucionário:

- Cálculo do ITAE:

$$\begin{aligned} Erro &= Entrada - Saída \\ abe &= absoluto(Erro) \\ I &= integral(t \times abe) \end{aligned} \quad (5)$$

- Transformando para um problema de maximização:

$$M_2 = \frac{1}{I} \quad (6)$$

em que I e M_2 são os resultados de um conjunto de indivíduos, isto é, uma população obtido a partir da função "fitness". Assim, deseja-se obter os valores do ganho para que se tenha o maior valor de M_2 para que se tenha o menor erro possível do sistema.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O AG desenvolvido no "software" SCILAB foi um AG simples. Tal algoritmo usou a seguinte configuração: mutação bit a bit, seleção de pais para o "crossover" por meio do processo conhecido como roleta e um ponto de corte para o "crossover", além do elitismo. A planta de teste simulada para o controle PID foi uma planta de primeira ordem estável sem atraso, conforme a "Equação (7)". O modelo matemático ou função de transferência em malha fechada é representado pela "Equação (8)".

$$G_P(s) = \frac{3,8}{192,5s + 1} \quad (7)$$

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{3,8K_D s^2 + 3,8K_P s + 3,8K_I}{s^2(192,5 + 3,8K_D) + s(1 + 3,8K_P) + 3,8K_I} \quad (8)$$

O primeiro passo do "toolbox" é a entrada do tempo de simulação, ilustrado na Figura .



Figura : Primeiro passo do "toolbox". Entrada do tempo de simulação.

O numerador e denominador da função de transferência são incluídos no passo 2, conforme a Figura 4.

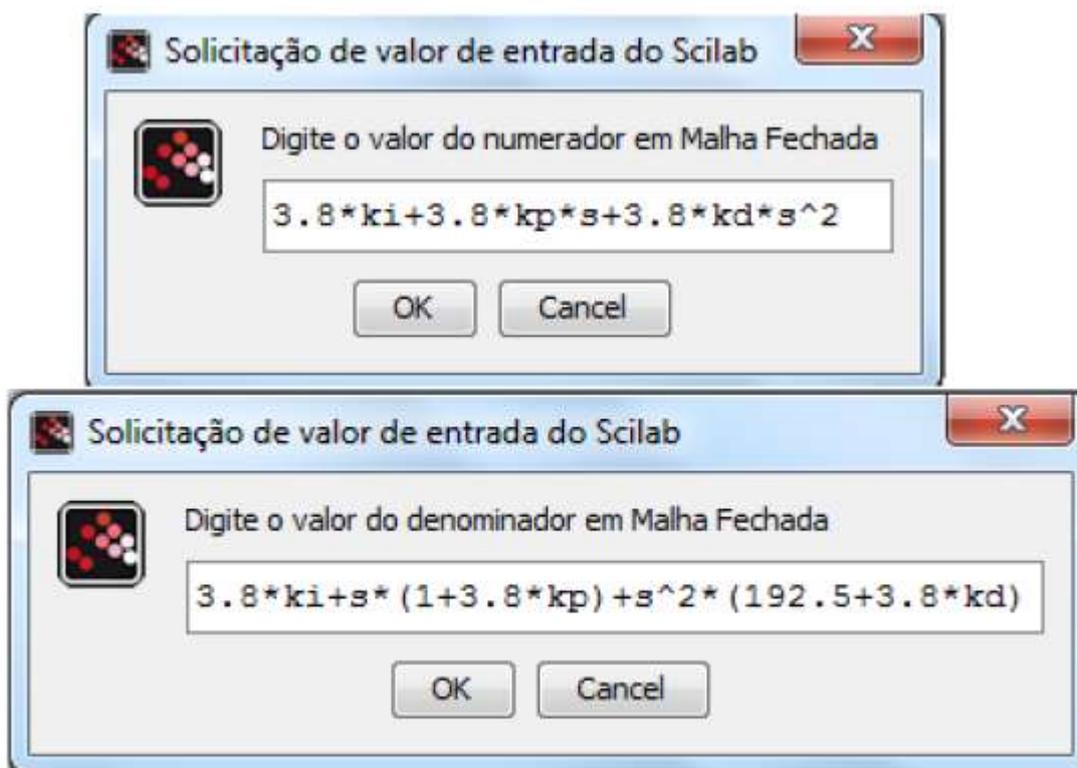


Figura 4: Segundo passo do "toolbox". Entrada da função de transferência em malha fechada.

Os parâmetros do AG podem ser vistos na Figura 5, que representa o terceiro passo do "toolbox".

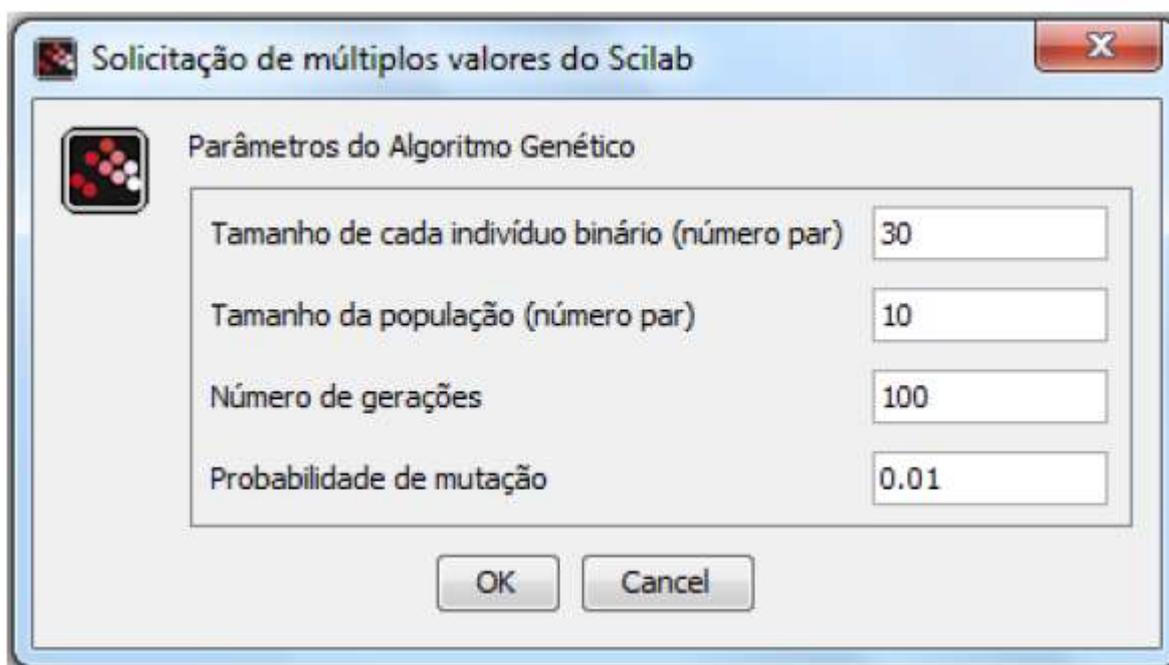


Figura 5: Terceiro passo do "toolbox". Entrada dos parâmetros do AG.

O último passo do "toolbox" são os valores de máximo e mínimo dos parâmetros do controlador PID, mostrados na Figura .

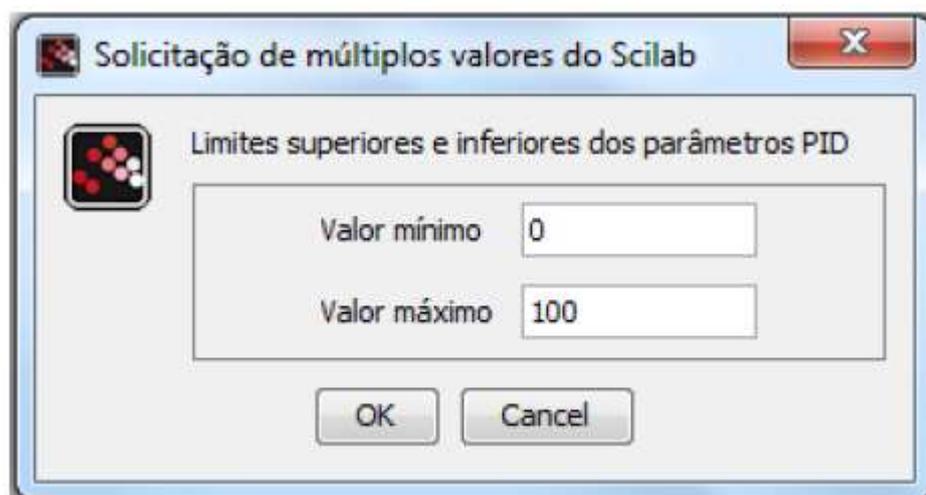


Figura : Quarto passo do "toolbox". Limites inferior e superior dos parâmetros do controlador PID.

Após a simulação, o AG desenvolvido no ambiente SCILAB fornece os parâmetros do controlador PID, como na Figura . Note que estes parâmetros fornecerem o melhor resultado para o intervalo de simulação, ou seja, o menor índice de desempenho ITAE.

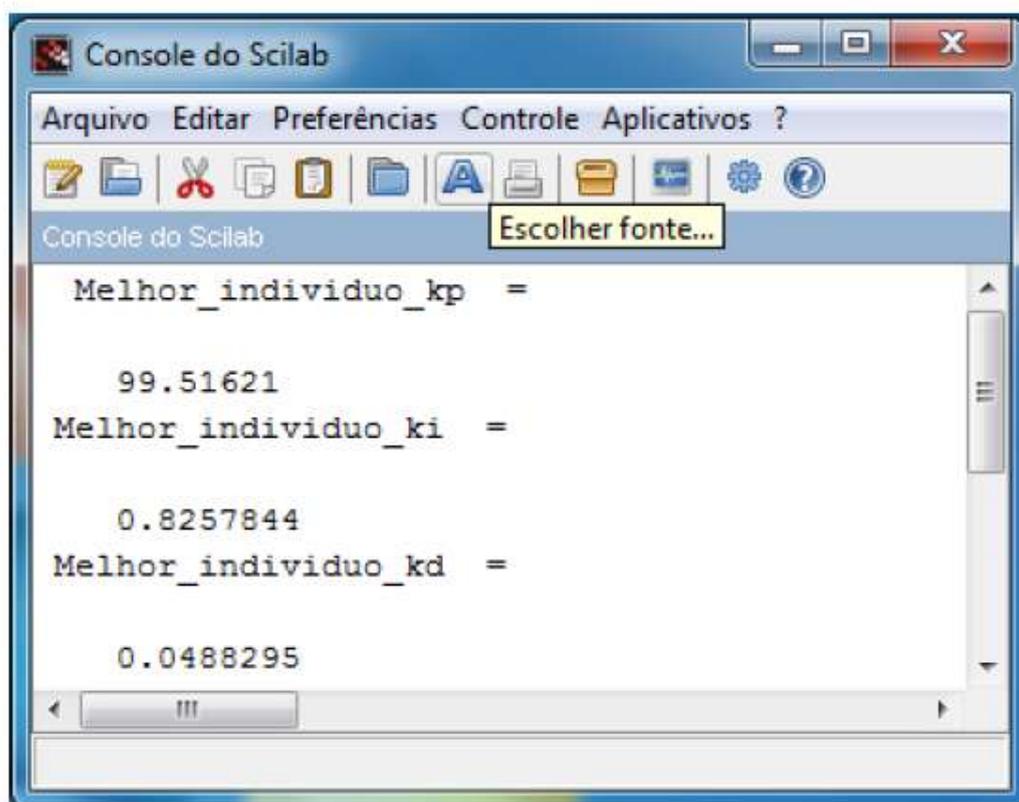


Figura 7: Resultado final dos ganhos do controlador PID.

A resposta da saída do sistema em malha fechada pode ser ilustrada pela Figura 8a), bem como para os valores do índice de desempenho que decrescem (eixo na vertical) a cada geração (eixo horizontal), conforme ilustrado na Figura 8b).

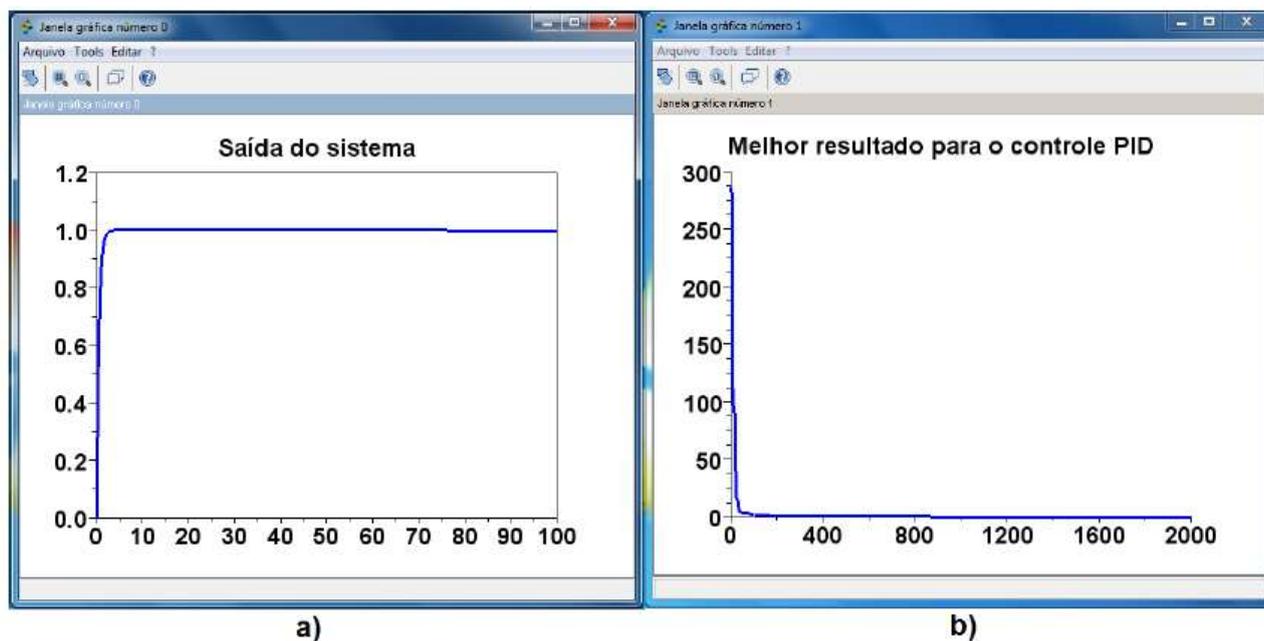


Figura 8: a) Saída do sistema em malha fechada; b) Índice de desempenho ITAE para cada geração.

Podem-se obter outras soluções mais viáveis modificando os valores dos parâmetros do AG, como o tamanho de cada indivíduo, o número de gerações, probabilidade de mutação e o tempo de simulação, bem como os valores máximos e mínimos dos parâmetros do controlador PID. Pode-se observar, entretanto, que pelo fato do AG possuir algumas partes aleatórias durante a simulação, alguns resultados podem ser inferiores ao resultado mostrado pela Figura 8 ao modificar os parâmetros do AG.

AGRADECIMENTOS

Os autores do projeto agradecem ao IFES – São Mateus, CNPq, CAPES, FAPEMIG pelo apoio financeiro. Os autores também agradecem a professora de português Adriana Pin por esclarecer algumas dúvidas de gramáticas.

4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho teve como finalidade motivar tanto professores quanto alunos a adotarem o programa SCILAB, como ferramenta de auxílio nos estudos de simulações para os cursos técnicos e também os de engenharias.

O programa SCILAB pode ser de grande valia na simulação de computação evolucionária, como em otimização e controle PID, auxiliando professores e alunos em suas tarefas, além do fato de possuir um custo zero para as instituições de ensino, uma vez que o “software” pode ser adquirido livremente pelo site <http://www.scilab.org>.

Por meio da tela principal do SCILAB obteve-se o editor de texto SciNotes. Tal editor foi utilizado para desenvolver o AG simples, como dito em parágrafos anteriores. Pretende-se melhorar o AG por meio da inclusão de outras metodologias, como a ideia de “Nicho” e “torneio” para a seleção de pais para o “crossover”. Além disso, pretende-se testar a rotina desenvolvida com modelos matemáticos de processos instáveis, integradores e funções de segunda ordem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DORF, Richard C.; BISHOP, Robert H. Sistemas de Controle Moderno. Rio de Janeiro-RJ: Editora LTC, 11ª ed. 2009.

SANTOS, F.G.; MAZZINI, H.M.; BAETA, B.S.; MELOTTI, G. Métodos de Sintonia de Controladores PI/PID Aplicados a um Sistema de Nível. Anais: X Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. São João del-Rei-MG: UFSJ, 2011.

GOMES, F.J.; QUEIROZ, F.P; GAMA, A.V.; BALDIOTI, H.R. Módulo Laboratorial de Baixo Custo, Baseado em FOSS, para Educação em Engenharia de Controle de Processos Industriais. Anais: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Blumenau-SC: FURB, 2011.

LINDEN, Ricardo. Algoritmos Genéticos – Uma Importante Ferramenta da Inteligência Computacional. 2ª ed. Rio de Janeiro-RJ: Editora Brasport, 2008.

MELOTTI, G.; BAETA, B.S.; MAZZINI, H.M.; NETO, O.M. Sintonia de um Controle PID Para O Sistema Mola-Amortecedor da Suspensão de um Veículo Usando Otimização Multiobjetivo. Anais: XVII Congresso Brasileiro de Automática. Juiz de Fora-MG: UFJF, 2008a.

MELOTTI, G.; TEIXEIRA, D.A.; MENDES, E.M.A.M.; VASCONCELOS, J.A. Sintonia de Controlador PID Usando Rede Imunológica Artificial. Anais: XVII Congresso Brasileiro de Automática. Juiz de Fora: UFJF-MG, 2008b.

MOROMISATO, G.D.Y.; MELOTTI, G.; GARCIA, F.A.; MAZZINI, H.M.; NEPOMUCENO, E.G. A Utilização de Um “Software” Livre no Ensino de Sistemas de Controle. Anais: International Conference on Engineering and Computer Education. Monguaguá/Santos-SP: COPEC, 2007.

NETO, A.F.S.; GOMES, F.J. Controladores PID: Introduzindo Inteligência Computacional no Controle Industrial. Anais: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Fortaleza-CE: UFC/UNIFOR, 2010.

TAKAHASHI, R.H.C.; MARTINS, F.V.C. Avaliação e Interpretação do Operador mAG no Algoritmo Genético Real-Polarizado. Anais: XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. São João del-Rei-MG: UFSJ, 2004.

Capítulo 2



10.37423/210504023

O PROJETO ESTRUTURANTE NO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DO CEFET/RJ – UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO MULTIDISCIPLINAR

Rodrigo Ventura da Silva

Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET/RJ

Marina Rodrigues Brochado

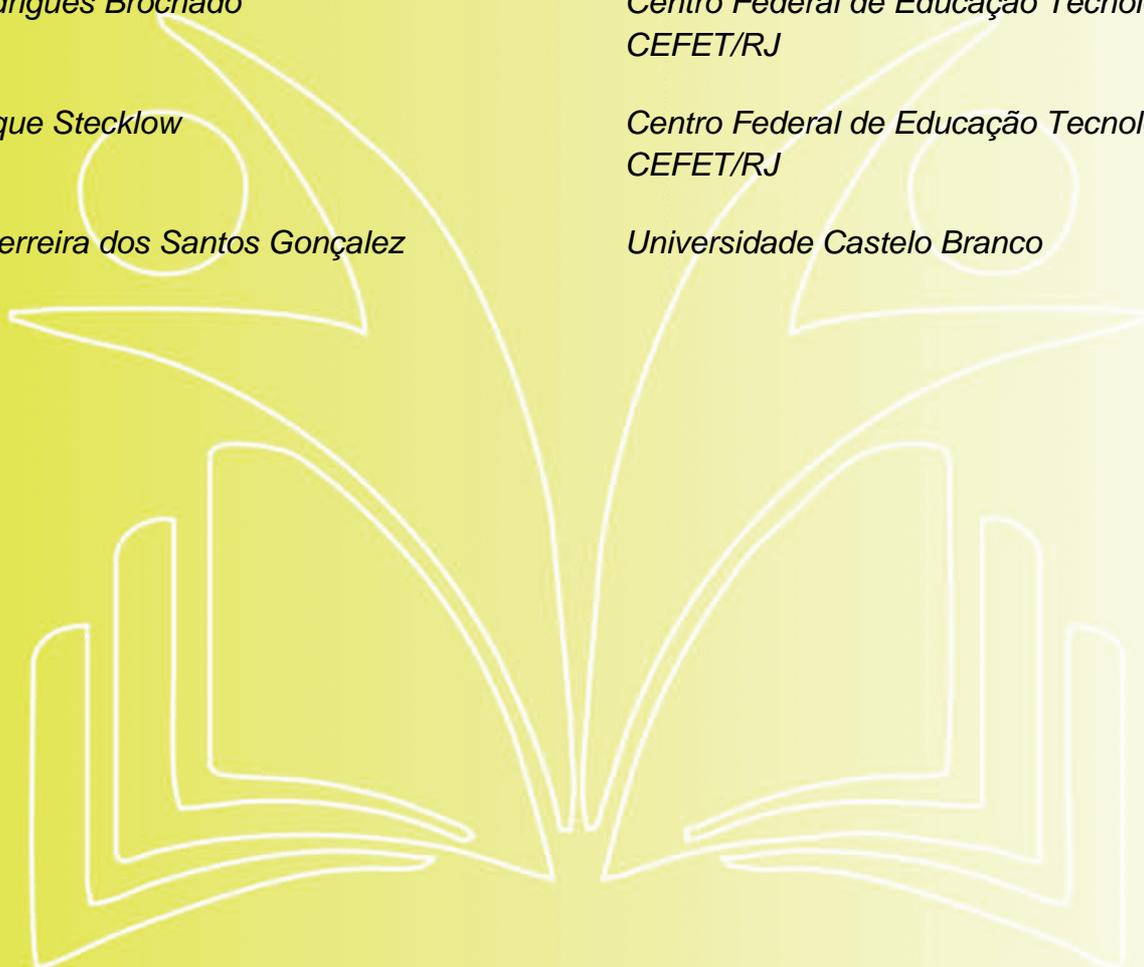
Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET/RJ

Paulo Enrique Stecklow

Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET/RJ

Christine Ferreira dos Santos Gonçalez

Universidade Castelo Branco



Resumo: *A alta competitividade global acaba por despertar o cenário da construção civil nacional, que após um longo período de inércia tecnológica, começa a mostrar um primeiro movimento guiado na direção da sustentabilidade. Esta longa e difícil jornada que deverá ser trilhada pelo engenheiro civil está encontrando dificuldades no ensino estático e arcaico instaurado nos centros e instituições de ensino. Como vencer os desafios na educação do engenheiro? Como as instituições podem (e devem) desenvolver um processo de constante atualização e revitalização do seu curso objetivando acompanhar o desenvolvimento dinâmico mundial? A seguir é apresentada uma proposta feita no CEFET/RJ desde 2007, que prevê a atualização da estrutura com a inserção da disciplina projeto estruturante, que visa acima de tudo, à disseminação de conceitos novos e adaptados à realidade e necessidade do setor produtivo em conjuntura com a geração de novas habilidades que vem sendo exigidas dos profissionais do setor. O projeto se encontra em desenvolvimento e esta é uma primeira análise das abordagens utilizadas, com enfoque das vantagens e problemáticas que foram encontradas no curso do projeto que ocorreu na instituição.*

Palavras-chave: *Ensino e pesquisa, Projeto estruturante, Projeto.*

1. INTRODUÇÃO

Conforme pesquisa realizada no IBGE (2010), o setor de construção civil movimenta aproximadamente um importante papel na economia nacional, contribuindo com aproximadamente 5,2 % do PIB e sendo responsável por R\$ 15,5 bilhões de gastos com salários e 9% da ocupação da população. O Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT - realizou um estudo (MCT, 2008) que, no Brasil, a cada ano, são admitidos 320.000 alunos nos cursos de engenharia e destes, apenas aproximadamente 10% concluem o curso.

Amorim (2008) destaca que o conhecimento em Gestão de Projetos é uma das deficiências na formação dos profissionais e que a mão de obra no setor de construção civil é de qualificação insuficiente. Em contraponto, este setor cresce cada vez mais e surgem novas demandas de tecnologias em serviços e processos. Neste sentido, a universidade tem papel fundamental, pois deve desenvolver e difundir novas técnicas e metodologias que auxiliem os profissionais formados a exercerem suas funções neste mundo empreendedor, competitivo e dinâmico. Com este intuito, o Ministério da Educação (MEC, 2002) vem sugerindo que as estruturas curriculares venham se apresentando de forma mais flexível e, de acordo com a demanda do mercado, estejam conciliando os conhecimentos e habilidades que se tornem necessários para a formação de um profissional apto a assumir as responsabilidades inerentes à sua função.

Rabello et al. (2008) destaca que a falta de uma disciplina de Gestão de Projetos, se torna um ícone que preconiza um reflexo da falta de interação entre universidade e empresas. Bazzo et al. (2008) complementa que a ausência de inter e transdisciplinaridade na formação do engenheiro o transforma em um “conhecedor de nichos” que pretensiosamente deve ser um autônomo e que evolua como autodidata na sua formação.

Diante da importância do setor de construção civil tem e a alta taxa de evasão escolar, que concatenados com a baixa qualificação profissional, demonstra a grande urgência de reestruturação da estrutura curricular com disciplinas de cunho interdisciplinar como fator motivacional e a necessidade de atendimento às novas realidades globalizadas.

Este artigo se propõe a apresentar a solução estabelecida pelo CEFET/RJ - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, com a criação das cadeiras Projetos Estruturantes I, II, III, IV, V e VI, integrantes do Curso de Engenharia Civil, criado em 2007 por essa instituição, com o objetivo de promover a transdisciplinaridade que preconiza o MEC.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

Migueles et al. (2002) desdobram 3 tipos de elementos que organizam os elementos produtivos: aestruturais, estruturais e estruturantes. Os elementos aestruturais se referem aos equipamentos e máquinas, que são elementos materiais do trabalho. Eles por si só não possuem habilidades para produzir ações e comportamentos complexos como os seres humanos. Os elementos estruturais também são chamados de configurativos, pois dão forma e sentido ao aglutinar os elementos aestruturais. Podem ser divididos em duas formas: interno e externo. Os internos estão relacionados com a estrutura interna da empresa, como os trabalhadores executando tarefas em seus postos de trabalho. Os externos tem relação com a sociedade, órgãos de classe, entre outros atores que refletem algum impacto em padrões de consumo, desempenho e desenvolvimento de suas atividades. O fator estruturante está relacionado com a interação entre os elementos aestruturais e estruturais, e como a organização gerencia esse dinamismo.

A partir da definição de estruturante, percebemos que seu objetivo é assegurar uma relação harmônica entre toda a complexa relação de elementos intrínsecos ao processo produtivo, tendo como premissa o atendimento da demanda de produtos e o atendimento às exigências dos clientes. Um bom relacionamento entre seus fatores indica uma alta maturidade no processo de gestão, pois a manipulação dos elementos de produção em uma alta velocidade permite uma rápida adequação de seus processos e adaptação a novas demandas de mercado ou atendimento a novos requisitos legais.

3. PROPOSTA E METODOLOGIA

Esta proposta criação de um curso de Engenharia Civil, com a inserção das disciplinas de projeto estruturante, de caráter multidisciplinar, está prevista a partir da construção de um quadro de referência dos conhecimentos necessários para a formação de um engenheiro civil com visão mais generalista e adaptado ao conhecimento de elaboração das etapas de um projeto estruturante. Neste sentido, é preciso formular um referencial teórico de definição de projeto e projeto estruturante, identificação e confecção das etapas do projeto, para que tenha a oportunidade de visualizar todo o processo, daí exercitando a visão sistêmica necessária para o entendimento do objetivo da disciplina e seu caráter de cunho prático.

A metodologia utilizada foi a integração de um comitê multidisciplinar composto pela coordenadora do curso de Engenharia Civil do CEFET/RJ em conjunto com o corpo docente e alunos da pós-graduação de diversas áreas, entre elas: administração, engenharia elétrica, economia, etc. Após a confecção da

ementa das disciplinas de projeto estruturante I a VI, foi feita uma análise comparativa com a estrutura curricular “convencional”, na etapa seguinte a avaliação interdisciplinar do grupo de disciplinas que deverão entrar como pré-requisitos necessários para dar suporte a metodologia de ensino de projeto estruturante, como exemplificado na Figura 1.

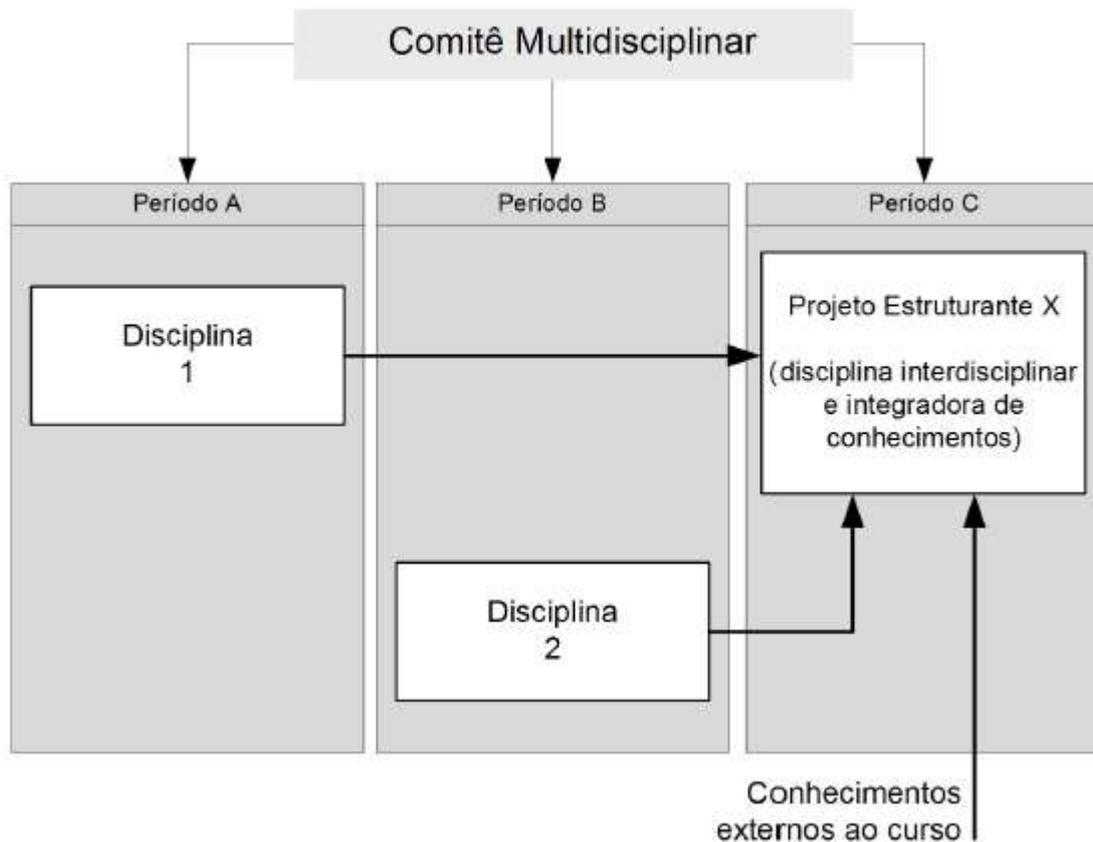


Figura 1 – Modelo de avaliação feito pelo comitê multidisciplinar de integração das disciplinas na elaboração de projeto estruturante.

A criação do projeto pedagógico do curso demandou a criação de um processo único, dado o ineditismo da abordagem do trabalho. Para a confecção do projeto, o processo do projeto pedagógico foi dividido em cinco etapas-chave, assim divididas: estratégia, planejamento, implementação, indicadores e finalização, conforme sequenciamento e dependências do processo da Figura 2.

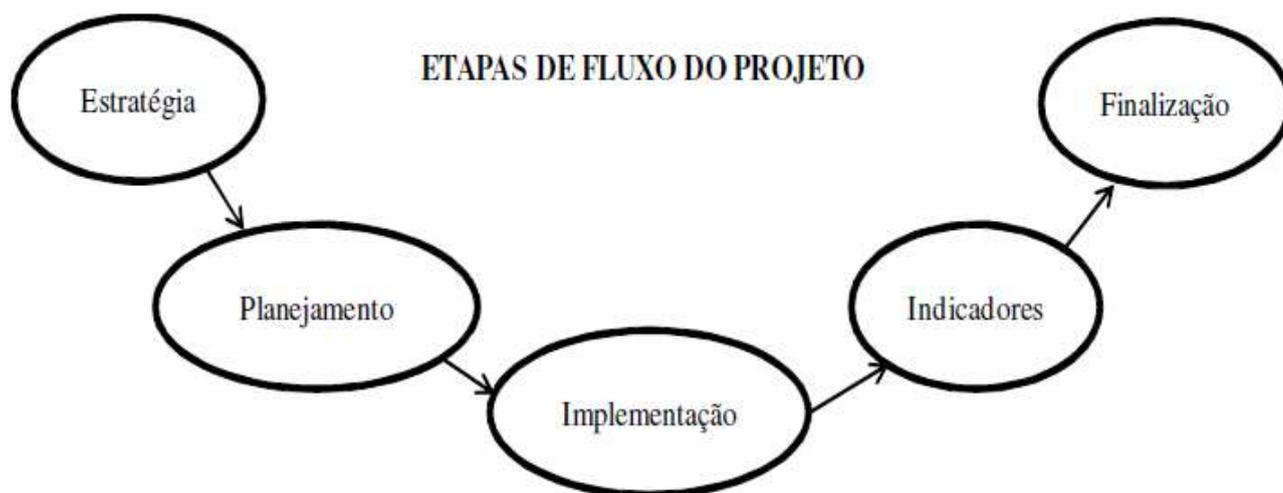


Figura 2 – Modelo adotado para implantação do projeto. Adaptado pelo autor.

A etapa de estratégia conteve a definição dos integrantes da equipe multidisciplinar do projeto que foi coordenado pela professora Marina Rodrigues Brochado, coordenadora do curso de Engenharia Civil do CEFET/RJ, a análise da estrutura curricular e o mapeamento das necessidades de conhecimento de acordo com projetos estruturantes já conhecidos, como, por exemplo, o Programa de Aceleração do Crescimento - PAC.

A etapa de planejamento previu definir, a partir da análise curricular e das necessidades de conhecimento estruturante, a ementa das disciplinas Projeto Estruturante. Ao combinar com a estrutura curricular, foi criado um “novo” modelo da mesma, que ao executar uma reanálise do conjunto com as outras disciplinas requisitou uma nova definição de pré- requisitos. Nesta etapa ainda, foi previsto o treinamento do corpo docente e a divulgação ao corpo discente na aula inaugural.

Na etapa de implementação, os alunos e professores foram treinados quanto à importância da disciplina para a formação do engenheiro civil, a adequação da estrutura teve que ser aprovada pelo conselho e a padronização do material de ensino passou pela avaliação da coordenadora do curso, de acordo com as premissas dispostas e serão detalhados mais adiante.

Atualmente o projeto se encontra na fase de indicadores, onde a coordenadora acompanha o desempenho dos alunos e como eles reagem às mudanças propostas pela disciplina, que levanta desafios complexos de caráter multidisciplinar com objetivo de corroborar os estudos de temas correlatos pelo caráter inovador da matéria.

A fase de finalização contempla a confecção de um relatório que englobe todas as dificuldades enfrentadas tanto a nível institucional, quanto motivacional para docentes e discentes, benefícios e

avaliação da maturidade dos atores no processo. Nesta fase é necessária a reflexão sobre os resultados individuais e coletivos e se é necessária alguma eventual intervenção na metodologia utilizada, no material e/ ou na estrutura do curso.

4. IMPLEMENTAÇÃO

Nesta etapa, houve dificuldades no mapeamento de algumas variáveis, como o nível de conhecimento individual, mas devido ao grande número de alunos foi inviável uma pesquisa e avaliação singular. Neste sentido, foram sendo feitos treinamentos pontuais de acordo com a necessidade. Muitos alunos sentiram que uma fragilidade do projeto seria a docência, pois como o curso nasceu em 2007, com uma quantidade reduzida de professores e conforme as turmas foram entrando, algumas disciplinas ficaram prejudicadas devido ao alto número de turmas não ser comportadas pelos professores atuais – este processo está sendo resolvido com o concurso público que já foi realizado e no momento está aguardando a liberação da chamada dos novos servidores, ainda previsto para este ano.

Através de observação empírica, foi identificado que alguns alunos não alcançaram a importância da disciplina na sua formação (inclusive devido à natureza inovadora da matéria, que não existe em nenhum outro curso em outras instituições federais em Engenharia Civil no Rio de Janeiro). Muita resistência foi sentida, pois a ignorância levou a má interpretações do real sentido “esclarecedor” das etapas de um projeto estruturante que possui um objetivo multifacetado e integrador.

Santana (2009) descreve uma síntese de atividades e pontos que devem ser considerados almejando a aderência dos alunos ao projeto, que são:

- Ênfase em planejamento e na organização das tarefas coordenadas com um objetivo integrador de conhecimentos;
- Ênfase no processo de desenvolvimento do projeto;
- Ênfase no projeto de produto.

5. CONCLUSÕES

Criar uma estrutura matricial em um projeto pedagógico é algo desafiador e complexo. Se por um lado já existam sinais de emprego de um paradigma emergente que aceita o entrelaçamento das várias ciências, estimulando o aprendizado holístico e horizontal, a estrutura de ensino praticada até hoje no Brasil segue um paradigma dominante e positivista, baseada no ensino de matérias-estaque,

isoladas, que não oferecem e nem estimulam uma visão mais sistêmica do conhecimento, favorecendo ao seu uso de forma prática e cotidiana.

Os obstáculos na implementação de um programa de curso transdisciplinar como o do estudo em questão, começa na sensibilização dos atores envolvidos, já elencados no item 2 desse artigo. O que deve se fazer em casos como esse é demonstrar os ganhos para o aluno no mercado de trabalho, identificar as lacunas que esse segmento da indústria e serviços assessorios tem na relação com as universidades, fazer analogias com experiências bem sucedidas (benchmarking) e monitorar, como está sendo feito nesse curso, com indicadores de desempenho, a performance dos alunos quanto às expectativas esperadas pelo segmento da construção civil.

A aderência do curso à proposta de inter e trans disciplinaridade a que ele se propõe transmitir deve ser monitorada de perto, em um círculo virtuoso e ascendente de melhoria contínua, a fim de se obter êxito em um projeto vanguardista como o do curso de Engenharia Civil do CEFET/RJ.

Em um próximo passo, é sugerido que se estreitem as conexões com algumas das empresas que absorverão esses alunos, a fim de entender o comportamento deles, comparado aos alunos advindos da formação tradicional, ratificando o valor agregado gerado pelas técnicas de ensino aqui propostas e retificar qualquer desvio, conforme explicado no parágrafo anterior.

6. BIBLIOGRAFIA

AMORIM, S. R. L. et al. Subsídios para uma política industrial para a construção civil – edificações. Fiesp/FEC/UFF. Niterói. 2008.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V.; LINSINGEN, I. V. Educação Tecnológica. Enfoques para o ensino de Engenharia. 2a. ed. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2008.

CEFET/RJ - CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW

DA FONSECA. Pós-graduação. Portal CEFET/RJ. Disponível em: <http://dippg.cefet-rj.br/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=15&lang=br>. Acesso em: 30 mai. 2010.

FINEP. Página principal. FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos. Disponível em:

<<http://www.finep.gov.br>>. Acesso em: 15 dez. 2009.

MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Pesquisa de evasão escolar na Engenharia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2008. Disponível em:

<http://www.mundogeo.com.br/noticias-diarias.php?id_noticia=11800>. Acesso em: 10 jun. 2010.

MIGUELES, C. P.; LAFRAIA, J. R. P.; SOUZA, G. C. Criando o hábito da excelência. São Paulo: Qualimark, 2002.

MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. Diretrizes curriculares nacionais dos cursos de graduação em engenharia. MEC - Conselho Nacional de Educação, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES11202.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2010.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK®). 3rd Edition. ed. [S.l.]: [s.n.], 2004.

RABELO, P.F.R., ZAPLA, L.S. e AMORIM, S.R.L. de. A realidade do setor da construção civil e o desafio dos docentes das engenharias. In: XVIII COBENGE – Congresso Brasileiro do Ensino de Engenharia. Anais. São Paulo, 09 a 12 de setembro de 2008.

SANTANA, A. C.. Uma metodologia para a implantação da aprendizagem orientada por projetos, na engenharia, com foco nas competências transversais. Brasília, Tese (Doutorado). Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. 2009.

Capítulo 3



10.37423/210504027

ESTIMATIVA TEORICO DA PRODUÇÃO DE METANO NO ATERRO SANITARIO DE VITORIA DA CONQUISTA - BA

Welder Cardoso Oliveira

Instituto Federal da Bahia



1. Resumo: A grande capacidade, atual de consumo e produção dos indivíduos tem provocado o aumento acelerado da geração de resíduos sólidos. Enquanto existe por meio da administração pública a incapacidade de ações corretas para o manejo de resíduos aliado ao elevado custo financeiro para que ocorra o correto gerenciamento, são essas algumas das maiores dificuldades encontradas para o setor. Uma das soluções para o processo de disposição final dos resíduos sólidos urbanos são os aterros sanitários. A decomposição anaeróbia da matéria orgânica produz a liberação do biogás, cujos principais constituintes são o metano e dióxido de carbono. A partir de uma estimativa teórica que leva em consideração a quantidade de resíduos gerados em um dado período de tempo, a relação de componentes dos resíduos sólidos, o início de deposição e o ano atual para o qual se pretende estimar a geração de metano e demais variáveis chegou-se ao valor estimado de metano gerado no Aterro Sanitário de Vitoria da Conquista – BA.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos, Aterro Sanitário, Biogás.

2. INTRODUÇÃO/OBJETIVO

Moraes (1998), estudando os impactos dos resíduos sólidos domiciliares urbanos na saúde, sugere que o tipo de acondicionamento domiciliar e a prestação do serviço de coleta contribuíram para controlar a transmissão das doenças diarreicas e parasitárias. Desse modo, a universalização do serviço regular de coleta de resíduos sólidos domiciliares urbanos, e também a mudança de comportamento das pessoas no que tange a destinação dos resíduos sólidos, são medidas que contribuem para a redução dos fatores de riscos ambientais. No Brasil, grande parte dos resíduos sólidos ainda é descartada sem nenhuma forma de tratamento. Espaços de despejos clandestinos estão presentes na maioria dos municípios e os aterros verdadeiramente sanitários são poucos. Além dos diversos impactos ambientais locais, sobre a saúde e qualidade de vida dos cidadãos, os resíduos sólidos urbanos sem disposição adequada consistem em uma fonte significativa das emissões de metano (CH₄) (ICLEI, 2009, p. 7). É preciso entender que o manejo dos resíduos sólidos está contido na definição de saneamento básico, assim especificando a cidade de Vitoria da Conquista, Moraes diz:

“O Plano de Saneamento Ambiental para Vitória da Conquista, propriamente dito, contendo os princípios, as diretrizes, as metas e a proposta de um Sistema Municipal de Saneamento Ambiental, envolvendo as componentes abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e de resíduos sólidos.” (MORAES et al., 1999a).

definição para resíduos sólidos é dada na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PRNS) que considera resíduo sólido como:

“(…)qualquer material, substância, objeto ou bem descartado, oriundo de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe a proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia possível.” (BRASIL, 2010).

A quantidade e composição dos resíduos variam de acordo com a população, seus diferentes extratos sociais, economia e grau de urbanização (PRANDINI, JARDIM e D’ALMEIDA, 1995). A caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados por um município é fundamental para qualquer definição posterior de gerenciamento, quantidade e qualidade, tendências futuras, cálculo da capacidade e tipo de equipamento de coleta, tratamento e destinação final (LIMA, 2004).

Para Machado (2013), as formas mais conhecidas de disposição final de resíduos são o aterro sanitário, aterro controlado e lixão a céu aberto. No Brasil, 58,4% dos resíduos sólidos urbanos produzidos em 2014 tiveram destinação adequada, sendo encaminhados para aterros sanitários, enquanto que 24,2%

foram para aterros controlados e 17,4% para lixões. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2014, de 5.570 municípios brasileiros, 2.236 destinam seus RSU para aterro sanitário, 1.775 para aterros controlados e 1.559 para lixões.

Segundo Silva (2013), a melhor forma de destinação final dos resíduos sólidos urbanos é a disposição em aterros sanitários. Nesse contexto, a adoção da PNRS, então, estabeleceu uma meta ambiciosa e desafiadora em seu Artigo 54, o qual dava o prazo de quatro anos para que os municípios façam a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, ou seja, propunha o fim dos lixões até meados de 2014.

O processo de biodegradação dos resíduos sólidos urbanos no interior do aterro sanitário produz gases tóxicos, que além de prejudicar a saúde humana provocam impactos para o meio ambiente. Os principais gases gerados durante esse processo são dióxido de carbono (CO_2) representado por aproximadamente 45%, metano (CH_4) contribuindo com 60%, gás sulfídrico (H_2S), mercaptanas dentre outros. Ao conjunto desses gases dá-se o nome de biogás. Esses gases são preocupantes do ponto de vista local (odores e efeitos sobre a saúde), regional e global (o metano contribui para o aumento do efeito estufa). A produção de metano em aterros municipais em todo o mundo representa de 5 a 15% do metano total lançado na atmosfera. Além disso, o metano é de 20 a 25 vezes mais efetivo que o CO_2 na absorção da energia infravermelha, contribuindo significativamente para o aumento do efeito estufa (CATAPRETA; SIMÕES, 2009).

Tendo em vista que a maior parte do biogás é formado de metano (CH_4) além de existir a necessidade de estudos sobre o tema para a cidade de Vitoria da Conquista que conta com um aterro sanitário, e sendo possível agregar informações para a possível instalação de equipamentos que promovam a queima do biogás gerado, o presente trabalho visa estimar a quantidade de metano gerado no aterro sanitário da cidade de Vitoria da Conquista para que, futuramente seja possível a realização da queima ou beneficiamento do mesmo, uma vez que o biogás gerado em aterro sanitário possui uma vasta gama de utilização energética. apresentar a fundamentação destacando a importância/relevância e os objetivos do trabalho. O trabalho aceito estará sujeito a revisões por parte de seus autores, para a sua aceitação final e inclusão nos Anais conforme parecer da Comissão Científica do evento.

3. METODOLOGIA

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Aterro Sanitário de Vitoria da Conquista está localizado na área urbana do município, na parte oeste do mesmo, distante aproximadamente 10 km do centro da cidade, no Bairro de Zabelê.

3.2 A PROJEÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) NO ATERRO DE VITORIA DA CONQUISTA

Para tal projeção utilizamos como modelo matemático para o crescimento populacional e projeção da população para um determinado período, o cálculo de crescimento logístico.

$$P_t = \frac{P_s}{1 + c * e^{K_1 * (t - t_0)}}, \quad (1)$$

$$P_s = \frac{2P_0 * P_1 * P_2 - P_1^2 * (P_0 + P_2)}{P_0 * P_2 - P_1^2} \quad (2)$$

$$K_1 = \frac{1}{t_2 - t_1} * \ln \left[\frac{P_0 * (P_s - P_1)}{P_1 * (P_s - P_0)} \right] \quad (3)$$

$$c = \frac{(P_s - P_0)}{P_0} \quad (4)$$

P_t —População no ano t

P_s —População de Saturação

K_1 —Coeficiente de crescimento

c—Coeficiente

t—Ano da Projeção

t_0 —ano referente ao P_0

Para o cálculo da geração per capita usamos a Fórmula (5), tendo como dados população do ano de 2016 e a geração anual de 2016, uma sendo dado do IBGE e outro do SNIS.

$$GD = \frac{GA}{365}, \text{ daí } GPC = \frac{GD}{POPULAÇÃO T} \quad (5)$$

Onde:

GD=Geração Diária

GPC=Geração Percapita

T=População do ano

Geração percapita, adicionar 0,01 ou 1% a cada ano. Geração diária: multiplica a população anual pela de geração percapita. E a Geração anual é o produto da geração diária por 365 e a geração acumula é o somatório dos anos anteriores.

2.3 ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE METANO

A metodologia proposta neste estudo utilizou um modelo teórico de estimativa como ferramenta de previsão do volume de metano a ser gerado pelo período de tempo considerado. O método utilizado foi desenvolvido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 1996).

Para o cálculo do potencial de geração em aterros, utilizou-se as metodologias elaboradas pelo IPCC.

Para o cálculo da emissão de metano, utiliza-se a Equação (6):

$$E_{CH_4} = k * R_x * L_0 * e^{-k(x-T)} \quad (6)$$

Onde:

E_{CH_4} = Emissão de metano

k = Constante de decaimento;

L_0 = Potencial de geração de metano;

x = Ano atual;

T = Ano de deposição do resíduo no aterro;

R_x = Fluxo de resíduos do ano.

Será necessário primeiro calcular a fração de carbono orgânico degradável no lixo (COD) depositado no aterro utiliza-se a Equação (7):

$$\text{COD} = \sum(\text{COD}_i * W_i) \quad (7)$$

Onde:

COD = Fração de carbono orgânico degradável no lixo;

COD_i = Fração de carbono orgânico degradável no tipo de resíduo i;

W_i = Fração do tipo de resíduo i por categoria do resíduo.

Após o cálculo do COD, calcula-se o potencial de geração de metano no resíduo (L₀), observado na Equação 8:

$$L_0 = \text{FMC} * \text{COD} * \text{COD}_f * F * \frac{16}{12} \quad (8)$$

F = Fração de metano presente no biogás;

FMC = Fator de correção do metano = 0,8 inadequado (profundo >5m de lixo);

COD = Valor obtido por meio dos cálculos realizados na Equação (7);

COD_f = Fração altamente biodegradável no resíduo brasileiro, COD_f = 0,014T + 0,28 = 0,77, onde T: temperatura (°C) na zona anaeróbia dos resíduos, estimada em 35°C;

F = Fração de metano presente no biogás.

Caso o aterro não possua o valor real da quantidade de metano presente no biogás, pode-se utilizar a estimativa de 0,5, pois geralmente a quantidade de metano presente no biogás de aterro é 50%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Política e Plano Municipal De Saneamento Ambiental, Secretaria Nacional de Saneamento Básico lemos:

“Tomando como base a geração per capita diária de resíduos sólidos de 0,300 kg/hab.dia e o tipo de pavimento das vias, foi proposta para cada localidade a varrição manual dos resíduos, a separação dos resíduos na origem e a coleta diferenciada por meio de carroça com tração animal. Projetou-se aterro sanitário manual como solução para a disposição do rejeito dos resíduos sólidos” (PPMSA, 2010)

Utilizando as Equações (1),(2),(3),(4) e (5). Montamos o Quadro 1:

Quadro 1 – Geração de RSU e o Acumulo Anual

Ano	Habitantes	Geração Per Capita (kg/hab.dia)	Geração Diária (kg)	Geração Anual (Toneladas)	Geração Acumulada (Toneladas)
2016	346069	0,566	195972,6049	71.530,80	71.530,80
2017	342301,8085	0,576	197165,8417	71965,53222	143.496,33
2018	346069	0,586	202796,434	74020,69841	217.517,03
2019	349724,1913	0,596	208435,618	76079,00058	293.596,03
2020	353267,6487	0,606	214080,1951	78139,27122	371.735,30
2021	356699,9111	0,616	219727,1452	80200,40801	451.935,71

Fonte: Autor

Constatamos então que a projeção do aterro sanitário de Vitoria da Conquista, no que tange a geração percapita de RSU tem um deficit de aproximadamente 0,250 quilogramas por habitante, aproximadamente 83% a mais do previsto no plano. Em IPCC (1996) é apresentada uma metodologia de fácil aplicação para cálculo de emissão de metano a partir de resíduos sólidos para países ou regiões específicas. Esse método envolve a estimativa da quantidade de carbono orgânico degradável presente no lixo, calculando assim a quantidade de metano que pode ser gerada por determinada quantidade de resíduo depositado, considerando categorias de resíduos sólidos domésticos. É preciso conhecer a composição gravimétrica, ela identifica o percentual de cada componente do resíduo em relação ao peso total da amostra analisada e permite identificar a quantidade e a qualidade dos resíduos gerados pelos municípios. Geralmente, os componentes dos resíduos sólidos urbanos estão distribuídos em matéria orgânica, papel, papelão, trapos, plástico, metais, vidro, borracha, madeira e outros. Para calcular a emissão de metano usaremos como base os dados contidos na Tabela 3.3 do Módulo 5 – Resíduos, do Guia do IPCC, Volume 3: Disposição de Resíduos Sólidos, de 1996, tem-se o valor de k para clima tropical – resíduo úmido (de acordo com a composição do lixo). Então usaremos da seguinte forma: para o papel k = 0,07; para resíduos orgânicos k = 0,17, para madeira k = 0,035.

Usando o Rx do ano de 2020, presente na tabela 1 e considerando que o ano de deposição do RSU 2016.

Se a fração de metano presente no biogás for 50%, a quantidade de biogás será o dobro do valor de ECH₄, ou seja, será duas vezes a quantidade de metano obtida na Equação (6) (ICLEI, 2009, p. 64), então temos a Tabela 1.

Tabela 1 - Comportamento da geração de gás metano e biogás

	m ³ /Ano
Metano	436,78
Biogás	873,52

Fonte: Autor

A queima do gás metano, além de ser passível de aproveitamento energético, ocasiona a redução dos gases de efeito estufa na atmosfera, uma vez que o dióxido de carbono, produto da queima, possui um potencial de aquecimento global 21 vezes menor que o metano (IPCC, 2006).

5. CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

O método apresentado neste trabalho é uma estimativa teórica. Vale salientar que uma melhor forma de avaliar o potencial de um aterro específico seria através da realização de pesquisas e medições de campo da quantidade de biogás e concentração presente de metano, direcionadas para implantação de um projeto específico.

A projeção da produção de biogás e do gás metano podem ser feitas através de modelos matemáticos que utilizam, basicamente, a quantidade de resíduos como parâmetro de entrada. Esta estimativa é apenas teórica e não pode ser utilizada a não ser como fonte de conhecimento prévio da quantidade de biogás que pode ser produzido por aterros sanitários. Dessa forma este trabalho poderá dar subsídio de conhecimento às autoridades competentes para a realização de projetos de aproveitamento do biogás do Aterro Sanitário de Vitoria da Conquista. Indicando um erro de projeção, acha visto que o índice de geração percapita de RSU tem um deficit de aproximadamente 0,250 kilogramas por habitante, aproximadamente 83% a mais do previsto no plano. Isso indica uma superlotação do aterro, e um tempo de vida que cai de forma logarítmica. Com a projeção de produção

de RSU, podemos prever conseqüentemente a relação direta entre a produção de biogás e a quantidade de RSU produzidos durante o ano.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos: EESC/USP, 1999. 120p
- BRASIL. Lei do Resíduos Sólidos DEC.- Lei 12.305, de 02 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos.
- CATAPRETA, C. A. A; SIMÕES, G. F. Monitoramento da qualidade do biogás gerado em um aterro sanitário experimental. In: XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Recife-PE, 2009.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticiavisualiza.php?idnoticia=1691&idpagina=1>. Acesso em: 01 de abril de 2017.
- ICLEI, Manual para aproveitamento de biogás. São Paulo, 2009, 81 p. Disponível em: <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>. Acesso em: 01 de abril de 2017.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. Guia para inventários nacionais de gases de efeito estufa. Módulo 6: Lixo. Volume 2: Livro de trabalho, 1996. Disponível em: <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.htm> l. Acesso em: 01 abril. 2017.
- LIMA, L. M. Q. Lixo: Tratamento e Biorremediação. 3. Ed. Campinas: Hemus, 2004.
- MACHADO, G. B. Aterro Sanitário. Portal dos Resíduos Sólidos, 2013. Disponível em:<<http://www.portalresiduossolidos.com/aterro-sanitario/>>. Acesso em: 01 abril. 2017.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Política e plano municipal de saneamento ambiental - Experiências e recomendações. Brasília, 2011; 2ª Edição.
- MONTEIRO, J. H.P. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Coordenação técnica Victor Zular Zveibil, Rio de Janeiro: IBAM, 2001
- MORAES, Luiz Roberto Santos. Impacto na saúde do acondicionamento e da coleta dos resíduos sólidos domiciliares. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, XXVI., 1998, Lima-Peru. Anais... Lima: AIDIS/APIS, 1998. 1 CD-ROM. 10p.
- MORAES, Luiz Roberto Santos; LUZ, Lafayette Dantas da; SILVA, Bruno Jardim da Silva et al. Plano de Saneamento Ambiental para Vitória da Conquista: uma contribuição metodológica. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20., 1999, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1999a. 1 CD-ROM. p. 3442-3461
- PRANDINI, F. L.; JARDIM, N. S.; D'ALMEIDA, M. L. Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Compromisso Empresarial para Reciclagem(CEMPRE), 1995.
- SILVA, L. Aterros sanitários são a melhor forma de destinação do lixo urbano. 2014. Disponível em:<<http://www.cpt.com.br/cursos-meioambiente/artigos/aterros-sanitarios-sao-amelhor-forma-de-destinacao-do-lixo-urbano>>. Acesso em: 01 abril. 2017.

Capítulo 4



10.37423/210504029

HORTA ESCOLAR: UMA ESTRATÉGIA PARA FAVORECER UM BOM HÁBITO ALIMENTAR E CONSERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE.

Thamires Oliveira da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia

Tácio Luis de Andrade Conceição

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia

Aline Rocha Brito

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia

Mirley Santos Meira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia



1. Resumo: A educação ambiental pode ser retratada através de atividades desenvolvidas em hortas escolares. O objetivo foi analisar por meio de revisão bibliográfica se a implantação da horta escolar tem conscientizado e sensibilizado a comunidade escolar sobre a importância das hortaliças e preservação do meio ambiente. Os procedimentos metodológicos apoiaram-se em uma abordagem qualitativa, pesquisa descritiva, delineada em estudos de casos, cujos procedimentos favorecem os objetivos propostos. Foram analisadas duas escolas: Escola Monsenhor Guilherme Schmitz - Aracruz (E.S.) e Centro de Ensino Charles Darwin de Cariacica, (E.S.), aonde foram desenvolvidos projetos que nortearam a importância das hortaliças cultivadas na horta escolar. Ao passo que as atividades contribuíram para a modificação nos hábitos e atitudes dos alunos protegendo e conservando o meio ambiente.

Palavras-chave: Educação ambiental, Horta escolar, Meio ambiente.

2. INTRODUÇÃO/OBJETIVO

A preocupação com o desenvolvimento sustentável representa a possibilidade de garantir mudanças sociopolíticas que não comprometem os sistemas ecológicos e sociais que sustentam as comunidades. A onde a complexidade desse processo de transformação de um planeta, não apenas crescentemente ameaçado, mas também diretamente afetado pelos riscos socioambientais e seus danos (BECK, 1992).

A educação ambiental (EA) vem sendo incorporada como uma prática inovadora em diferentes âmbitos. Neste sentido, destaca-se tanto sua internalização como objeto de políticas públicas de educação e de meio ambiente em âmbito nacional (ARENDR, 1989), quanto sua incorporação, como mediação educativa, por um amplo conjunto de práticas de desenvolvimento social. Destacando o diversificado rol de atividades e projetos de desenvolvimento impulsionados pelas atividades extensivas em resposta às novas demandas geradas (CAPORAL & COSTABEBER, 2000). A educação ambiental, nas suas diversas possibilidades, abre um estimulante espaço para repensar práticas sociais e o papel dos professores como mediadores e transmissores de um conhecimento necessário para que os alunos adquiram uma base adequada de compreensão essencial do meio ambiente global e local, da interdependência dos problemas e soluções e da importância da responsabilidade de cada um para construir uma sociedade planetária mais equitativa e ambientalmente sustentável (JACOBI, 2003).

A horta inserida no ambiente escolar pode ser um laboratório vivo que possibilita o desenvolvimento de diversas atividades pedagógicas em educação ambiental e alimentar unindo teoria e prática de forma contextualizada, auxiliando no processo de ensino-aprendizagem e estreitando relações através da promoção do trabalho coletivo e cooperado entre os agentes sociais envolvidos (MORGADO, 2006). A mesma autora menciona a necessidade do auxílio do agrônomo para a comunidade escolar no planejamento, execução e manutenção das hortas, ressaltando os princípios básicos como horticultura orgânica, compostagem, formas de consumo dos alimentos, propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, relação campo-cidade.

O presente artigo tem como objetivo por meio de revisão bibliográfica analisar se a implantação da horta escolar tem conscientizado e sensibilizado a comunidade escolar sobre a importância das hortaliças e preservação do meio ambiente.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do artigo utilizou-se da metodologia de abordagem qualitativa, pesquisa descritiva, delineada em estudos de casos, cujos procedimentos favorecem os objetivos propostos (COSTA & COSTA, 2001). Favorecendo o conhecimento de uma realidade delimitada (TRIVINOS, 1987), através do cultivo da horta orgânica nas unidades escolares. Foram selecionados dois projetos: “Horta: A importância no desenvolvimento escolar” da Escola Monsenhor Guilherme Schmitz, - Aracruz (E.S.) (FIOROTII et. al. 2009), implantada pelos alunos do curso Técnico de Meio Ambiente, no ano de 2009. Com intuito de inserir os alunos da escola nas atividades relacionadas à horta, para posteriormente acrescentar na merenda escolar as hortaliças cultivadas. O projeto “Horta Escolar” no Centro de Ensino Charles Darwin de Cariacica, (E.S.) (Araújo e Drago, 2011) foi desenvolvido pelos alunos da 4ª série do ensino fundamental durante o ano de 2008, para nortear a disciplina de Ciências. Ambas as escolas apresentaram explicações sobre a importância das hortaliças. Como também desenvolveram pesquisas baseadas em questionários aos corpos discentes e docentes, como também funcionários e responsáveis. Ao passo que as atividades contribuíram para a modificação nos hábitos e atitudes dos alunos protegendo e conservando o meio ambiente com diferentes modos de preparo (pulverizador natural e adubo orgânico) através da Educação Ambiental.

Para analisar os dados obtidos e enriquecimento foram geradas novas tabelas referente identificação botânica das hortaliças. Em relação à análise da sensibilização no preparo e conservação do solo, também acrescentamos dados relevantes. Visto que ambas as escolas delimitaram a preocupação da preservação com o meio ambiente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Educação Ambiental representa uma ferramenta fundamental para estabelecer uma ligação mais estreita entre o ser humano e a natureza. Através de projetos de horta na escola, os alunos levam uma experiência valiosa para vida, já que a saúde do homem está ligada a uma alimentação saudável e rica em vegetais (FRISK, 2008).

As principais atividades desenvolvidas nas escolas, envolvendo a horta no trabalho de educação ambiental e alimentar, foram as seguintes: conhecimento, cultivo e consumo de diversas plantas, em especial as hortaliças. A Escola Monsenhor Guilherme Schmitz, realizou um trabalho explicativo e para esclarecimento confeccionou uma tabela conceituando o valor nutricional e eventual importância de todas as hortaliças cultivadas e coletadas. As informações demonstradas aos alunos estão resumidas

na tabela 1. Entretanto no Centro de ensino Charles Darwin, os alunos relataram seus conhecimentos expondo em stand os resultados destacando o crescimento vegetal, a qualidade da alimentação e o valor nutritivo das hortaliças (coentro, salsa, cebolinha, couve e alface) e cenoura. Sendo oferecida uma hortaliça para cada visitante. Dias (1992) relata que a produção de hortaliças pela horta escolar proporciona um melhor preparo da merenda escolar, que fica enriquecida com alimentos agroecológicos. A onde a ação educativa consegue sair do marco escolar para interessar-se pela comunidade e fazer com que os alunos participem das suas atividades. A necessidade de abordar o tema da complexidade ambiental decorrente da percepção sobre o incipiente processo de reflexão acerca das práticas existentes e das múltiplas possibilidades de, ao pensar a realidade de modo complexo, defini-la como uma nova racionalidade e um espaço onde se articulam natureza, técnica e cultura (JACOBI, 2003).

Enriquecemos nossos estudos através da atualização da tabela 1, com respectivos nomes científicos e famílias botânicas, como também o ciclo de vida atribuída a cada hortaliça, visto que algumas são essenciais para prevenção de doenças. Apiaceae é a família que mais se destacou com três espécies. Entretanto as famílias Solanaceae e Brassicaceae apresentaram duas espécies, enquanto Alliaceae e Asteraceae apareceram somente com uma espécie respectivamente. Todas as famílias apresentam espécies com propriedades essenciais à nutrição. Quanto ao ciclo vida é relevante, para os alunos entenderem a forma como cada espécie se reproduz. Já que são necessários novos cultivos após a colheita de algumas hortaliças. Plantas com ciclo de vida anual germinam, florescem e morrem no período de um ano. Plantas com ciclo de vida bianual desenvolvem lentamente durante o primeiro ano, e somente no segundo ano de vida é que ocorre sua reprodução. Plantas com ciclo de vida perene são aquelas que vivem por qualquer período que exceda dois anos. As informações sobre a classificação botânica e o ciclo de vida estão reunidas na tabela 2.

Através do trabalho pôde-se perceber que a horta didática inserida no ambiente escolar pode ser uma ferramenta bastante eficaz na formação integral do estudante, pois abordam diversas áreas de conhecimento podendo ser desenvolvido durante todo o processo de ensino/aprendizagem. As hortaliças apresentam-se como uma boa alternativa, considerando que a escola possui uma área disponível, podendo haver uma pequena diversidade de produtos (OLIVEIRA & SILVA, 2009). Além de permitir a discussão sobre a importância de uma alimentação saudável e equilibrada (FETTER & MULLER, 2008).

Tiba (1998) ressalta que uma boa aula é como uma refeição, quanto mais atraente estiver os pratos que o cozinheiro oferecer, mais desejarão saboreá-lo. Com a aula o processo é o mesmo, quanto mais o educador se dedicar ao conteúdo, quanto melhor for sua didática, mais o aluno terá prazer em aprender. Quanto mais o professor preparar a sua aula teórica dando continuidade na prática, mais o conhecimento será acessível ao aluno e maior será o gosto pela biologia dos vegetais.

Em relação aos cuidados com o solo verificou-se que ambas as escolas se preocuparam na preparação e conservação do meio ambiente para o eficiente desenvolvimento da horta escolar. De acordo com informações constatamos a utilização de suco de pimenta vermelha e coentro para produção do pulverizador natural. Visto que, as hortaliças cultivadas além de ser de total relevância para a nutrição dos alunos, se desenvolvendo saudáveis e de forma adequada assegurando a produção de teores dos princípios ativos. Contudo espécies de Apiaceae e Solanaceae podem ter teores inseticidas utilizadas para combater pragas como ácaros e formigas cortadeiras. A solução alternativa do pulverizador ecológico para combate da praga realizado na Escola Monsenhor Guilherme Schmitz está resumida na tabela 3.

De acordo com Villalobos (1996), os princípios ativos de plantas inseticidas são compostos resultantes do metabolismo secundário. Estes metabólitos secundários inerentes ficam armazenados nos órgãos vegetais e sua distribuição no corpo da planta depende de cada espécie. Esse método é considerado benéfico ao meio ambiente porque cerca de 90 % dos pesticidas químicos aplicados no cultivo são perdidos, não atingindo o alvo, e acumulam-se em reservatórios de água e no solo. Isso ocorre, principalmente, pelo uso como preventivo de controle de pragas e doenças. Além disso, o inseticida químico pode perder sua eficácia devido à resistência adquirida de linhagens de insetos predadores. Uma maneira de aproveitar resíduos de origem vegetal ou animal é a compostagem. Sendo utilizado pelo Centro de Ensino Charles Darwin, para produção do adubo orgânico. Os restos de matérias-primas in natura não apropriados para utilização poderiam ser totalmente aproveitados, em diferentes formas de destinação e uma dela é a utilização na formação de compostos orgânicos para adubação (BILCK et.al., 2009).

Conforme Ruscheinsky (2002), tudo indica que é indispensável deixar de lado a agricultura convencional e caminhar em direção de uma agricultura mais autossustentável e menos agressiva à natureza. A agricultura ecológica apresenta-se como um espaço em construção que pode trazer amplos benefícios para quem produz para quem consome e para o conjunto do meio ambiente. Nesse sentido, a Educação Ambiental passa a ter uma relevante importância para o indivíduo, onde é a

escola, a principal instituição capaz de colaborar com as tomadas de decisões sobre os problemas da sociedade, transmitindo às crianças e jovens informações, formando uma comunidade responsável pelo meio social e buscando restabelecer a harmonia entre o ser humano e o ambiente.

Dias (1992) argumenta que o desenvolvimento sustentável tornou-se a forma racional e, milagrosa de reverter às situações desastrosas do meio ambiente. Cada vez está mais evidente a importância de uma educação de qualidade que leve em consideração a formação de cidadãos mais críticos, responsáveis e capacitados para a vida (CRIBB, 2010). A mesma autora relata que as atividades realizadas na horta escolar contribuem para os alunos compreenderem o perigo na utilização de agrotóxicos para a saúde humana e para o meio ambiente. Auxiliando no desenvolvimento da consciência de que é necessário adotarmos um estilo de vida menos impactante sobre o meio ambiente, bem como a integração dos alunos com a problemática ambiental vivenciada a partir do universo da horta escola.

Espécie de Hortaliça	Valor Nutricional	Combate
Alface	Ferro, cálcio, niacina e vitamina C.	Combate à insônia e ajuda na cicatrização dos tecidos.
Cebolinha	Cálcio, ferro e niacinas.	Estimula o apetite, ajuda na formação de ossos e dentes.
Couve	Ferro, vitamina A, cálcio e fósforos.	Tônico, cicatrizante e estimulante do fígado.
Coentro	Vitamina A, B1, B2, C.	É estimulante da digestão e aromático
Jiló	Cálcio, fósforo, ferro, vitaminas A e Complexo B.	Estimula o metabolismo hepático e um regulador digestivo
Pimenta	Proteínas, vitamina B e fibras.	Anti-inflamatórios e antioxidantes.
Rabanete	Vitamina C e Rico em fibras.	Estimula o apetite, crescimento e formação dos ossos, dentes e sangue.

Tabela 1: Informação nutricional de algumas hortaliças realizada pela Escola Monsenhor Guilherme Schmitz.

Fonte: FIORITTI et.al. (2009)

Tabela 2: Classificação Botânica e Ciclo de Vida das hortaliças cultivadas pelos alunos.

Família	Nome científico	Nome popular	Ciclo de vida
Asteraceae	<i>Lactuca sativa</i>	alface	Anual
Alliaceae	<i>Allium fistulosum</i>	cebolinha	perene
Brassicaceae	<i>Brassica oleraceae</i> L.	couve	bianual
Apiaceae	<i>Coriandrum sativum</i> L.	coentro	anual
Solanaceae	<i>Solanum gilo</i> Raddi	jiló	perene

Solanaceae	<i>Capsicum sp.</i>	pimenta	perene
Brassicaceae	<i>Raphanus sativus</i>	rabanete	anual
Apiaceae	<i>Petroselinum crispum</i>	salsa	bianual
Apiaceae	<i>Daucus carota</i> L.	cenoura	anual

Tabela 3: Pulverizador ecológico para combate da praga realizado na Escola Monsenhor

Guilherme Schmitz – solução alternativa.

Insumo	Modo de preparo	Modo de uso/Indicação
Suco de pimenta	Fazer suco de pimenta vermelha e água.	Pulverizar – controle formigas cortadeiras
Coentro	Cozinhar folhas de coentro em 2 litros de água.	Diluir na proporção de 1:3 – controle de ácaros e pulgões.

Fonte: FIORITTI *et.al.* (2009)

5.CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Através do trabalho pode-se perceber que a horta didática inserida no ambiente escolar pode ser uma ferramenta bastante eficaz na formação integral do estudante, pois o tema exposto aborda diversas áreas de conhecimento, podendo ser desenvolvido durante todo o processo de ensino/aprendizagem.

Através dela pode-se orientar e desenvolver habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, tais como a produção de alimentos livres do uso de agrotóxico e adubos químicos na produção de culturas diversas. A importância da horta escolar como diferencial na educação ambiental é que motivou a elaboração desse artigo, já que aprender a defender e preservar o meio ambiente ecologicamente equilibrado, antes de ser um dever, é um compromisso ético com as presentes e futuras gerações. A ideia de envolvimento com a natureza apresenta um lado místico muito popular, porque as atividades realizadas no projeto da horta podem ser também realizadas na comunidade escolar, o que resultaria em uma melhor qualidade de vida do grupo envolvido direta e indiretamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO M.P.M., DRAGO R. Projeto Horta: A Mediação Escolar Promovendo Hábitos Alimentares Saudáveis. Revista FACEVV | ISSN 1984-9133 | Vila Velha | Número 6 | jan/jun. 2011.
- ARENDR, H. A condição humana. Rio de Janeiro: Forense, 1989. BECK, U. Risk society. London: Sage Publications. 1992.
- BILCK,A.P.;SILVA.D.L.D.;COSTA.A.N.C.;BENASSI.T.V.,GARCIA.S.Aproveitamento de subprodutos: restaurantes de Loudrina. Revista em agronegócios e Meio Ambiente, Maringá, v.2.n.1.p-87-104,2009.
- CAPORAL, F. R., COSTABEBER, J. A. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável: perspectivas para uma nova extensão rural. jan/mar. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v.1, n.1, p 16- 37, jan/mar, 2000.
- COSTA, M. A F. da; COSTA, M.F.B. Metodologia da pesquisa: conceitos e técnicas. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.
- CRIBB. S. L. S. P. Contribuições Da Educação Ambiental E Horta Escolar Na Promoção De Melhorias Ao Ensino, À Saúde E Ao Ambiente. Rempec - Ensino, Saúde E Ambiente, V.3 N 1 p. 42-60 abril 2010.
- DIAS, F.G. Educação Ambiental: Princípios e Práticas. 3. ed. São Paulo: Gaia, 1992. FIOROTTI J. L, CARVALHO E.S.S.; PIMENTEL A.F. SILVA K.R. Horta: A Importância No Desenvolvimento Escolar. XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba.
- FETTER, I. S; MULLER, J; Agroecologia Merenda Escolar e Ervam Medicinais Resgatando Valores no Ambiente escolar. 2008.
- FRISK, P. R; Horta na Escola; Publicado, 2008.
- OLIVEIRA, C; A, SILVA, N; A Horta Escolar Ulbra Centro Universitário de Paraná, 2009.
- JACOBI P. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. Cadernos de Pesquisa, n. 118, p.189-205, março/ 2003.
- MORGADO, F.S. A horta escolar na educação ambiental e alimentar: experiência do Projeto Horta Viva nas escolas municipais de Florianópolis. 2006. 45p. Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- RUSCHEINSKY, A. Educação ambiental: abordagens múltiplas. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- TIBA, I. Ensinar aprendendo: como superar os desafios do relacionamento professor-aluno em tempos de globalização. São Paulo: Gente, 1998.
- TRIVINOS, A.N.S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.
- VILLALOBOS, M. J. P. Plaguicidas naturales de origen vegetal: estado actual de la investigación. Madrid: Ministerio de Agricultura , Pesca y Alimentación, 1996. 35 p.

Capítulo 5



10.37423/210504030

O DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO MATEMÁTICO PARA A PREVISÃO DA APROVAÇÃO DA DISCIPLINA DE CÁLCULO 1 UTILIZANDO REGRESSÃO LOGÍSTICA

IGOR RODRIGUES DE NARDI

Universidade Federal do Pará

ALESSANDRA MACEDO DE SOUZA

Universidade Federal do Pará

SHIRLEY CRISTINA CABRAL NASCIMENTO

Universidade Federal do Pará

JOSÉ BENÍCIO DA CRUZ COSTA

Universidade Federal do Pará

LOURIVAL MAURÍCIO NASCIMENTO JÚNIOR

Vigilância Sanitária - Prefeitura Municipal de Belém



Resumo: Este estudo visa identificar quais fatores são significativos na aprovação dos calouros dos cursos de engenharia da Universidade Federal do Pará (UFPA) na disciplina de Cálculo 1, a qual possui um dos maiores índices de reprovação dentro das universidades. Utilizando o software IBM SPSS Statistics, pode-se criar um banco de dados de variáveis dicotômicas e com isso fazer a regressão logística que, por meio dela, obteve-se uma função que possui como entrada as variáveis categóricas e como saída a probabilidade de passar ou não em Cálculo 1. Para tanto, entrevistou-se 281 discentes que já cursaram a disciplina, respondendo à 13 perguntas (variáveis categóricas) cada. Observou-se com este estudo que existem questões (variáveis de entrada) que são mais significativas que outras e concluiu-se que a aprovação em Cálculo 1 está fortemente relacionada ao interesse e gosto pelo estudo da matemática desde a fase pré-universidade dos alunos.

Palavras-chave: Cálculo 1. Variável Categórica. Regressão Logística.

1. INTRODUÇÃO

Considerável parcela dos alunos que iniciam um curso de engenharia se depara com uma situação extremamente desconfortável: aprender cálculo. Vindo diretamente do Ensino Médio, o aluno dificilmente consegue acompanhar as exigências do novo ambiente acadêmico (CASTRO, 2014). Em uma pesquisa feita pela UNICAMP, levantou-se um histórico de 12 anos (1997 a 2009) de informações relativas à esta disciplina que permitiu constatar taxas de até 77,5% de reprovação e evasão dos estudantes (GARZELLA, 2013). Com o objetivo de amenizar este problema, a Pró-Reitoria de Ensino e Extensão (PROEX), juntamente com o Instituto de Tecnologia (ITEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Belém, criaram o Programa de Cursos de Nivelamento de Aprendizagem (PCNA) para as ciências básicas das engenharias, o qual oferece cursos básicos de matemática, física e química, preferencialmente aos calouros e não aprovados nas disciplinas básicas à engenharia (disciplinas de cálculo, de física e de química do projeto pedagógico de cada curso) (RODRIGUES et al., 2012). Sabe-se também que além das dificuldades com a aprendizagem das disciplinas das ciências básicas, existem os problemas do dia a dia dos alunos, como transporte, renda familiar, moradia entre outros, e que se entende que esses atributos influenciam diretamente na aprovação ou não de qualquer disciplina.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo matemático baseado em regressão logística multivariável que apontará, entre as dificuldades que os alunos passam no dia a dia, a de maior peso na aprovação ou não da disciplina de cálculo 1. Uma pesquisa de campo entre os alunos da engenharia do ITEC que já cursaram a disciplina de cálculo 1 será realizada. Esses alunos responderão a um questionário cujas perguntas serão sobre gosto pelos estudos, renda, moradia, transporte e participação no PCNA ou outros projetos. Essas questões formarão o conjunto das variáveis qualitativas do modelo matemático pois as respostas a essas perguntas serão apenas sim ou não. Um método para quantificar essas variáveis qualitativas é atribuir valores para elas, no caso 1 ou 0 (indicando a presença ou a ausência de um dado atributo) que são conhecidas na literatura existente como variáveis categóricas. O software IBM SPSS foi utilizado para realizar as análises bem como obter a função que descreve a possibilidade de um aluno passar ou não na disciplina de Cálculo 1 na primeira vez que cursa essa disciplina. De posse do modelo matemático será possível analisar o perfil de um aluno calouro do curso de engenharia e conseqüentemente informa-lo onde estará sua principal dificuldade na aprovação da disciplina de Cálculo 1. Dessa maneira caberá a ele contornar suas limitações para alcançar o tão sonhado diploma de graduação.

2. MÉTODOLOGIA UTILIZADA

O procedimento para alcançar os objetivos pretendidos neste trabalho foi composto de duas etapas fundamentais. Na primeira etapa realizou-se uma pesquisa de campo entre 281 alunos dos diversos cursos de engenharia do ITEC que já cursaram a disciplina de Cálculo 1. Para esses alunos foi solicitado que preenchessem de maneira sincera e verdadeira um questionário que continha apenas perguntas cujas respostas eram sim ou não. O Quadro 1 apresenta as 13 perguntas utilizadas na pesquisa de campo bem como a quantidade de respostas sim ou não para cada uma delas.

Quadro 1 – Pesquisa de campo entre alunos que já cursaram a disciplina de Cálculo 1.

Numeração	Pergunta do questionário	Sim	Não
1	Você passou em Cálculo 1 na primeira vez que cursou a disciplina?	224	57
2	Você concluiu o ensino médio em escola pública?	128	153
3	Você gostava de estudar matemática no ensino médio?	254	27
4	Você tem facilidade no aprendizado de matemática?	229	52
5	Você concluiu o curso de nivelamento PCNA?	169	113
6	Você estudava Cálculo 1 em grupo nos turnos em que não tinha aula na UFPA?	117	164
7	Você resolvia exercícios de Cálculo 1 além daqueles resolvidos em sala?	202	79
8	Você tinha o hábito de revisar o conteúdo de Cálculo 1 no mesmo dia da aula?	62	219
9	Você participou ou participa de algum projeto de pesquisa ou extensão	179	102
10	Você usa transporte público para vir à UFPA?	226	55
11	Você mora com a família?	235	46
12	Você mora em Belém?	232	49
13	Você possui renda própria?	49	232

Fonte: Elaborado pelos autores

As informações obtidas por meio do questionário foram cadastradas no software IBM SPSS. De posse dos dados registrados iniciou-se a segunda etapa do procedimento, a criação de um modelo matemático obtido via regressão logística. Como o questionário utilizado só possui perguntas cujas

respostas são do tipo sim ou não, isto é, 1 ou 0, diz-se então que a regressão logística usa variáveis dicotômicas para a estimativa da função que modela os dados tabelados. As questões de 2 a 13 do questionário foram utilizadas como dados de entrada, formando o conjunto das variáveis independentes do problema. A questão de número 1 foi utilizada como dado de saída, a qual representa a variável dependente do problema. A ferramenta de regressão logística aponta qual variável ou variáveis influenciam mais na aprovação da disciplina de Cálculo 1. O software escolhido para a modelagem deste problema foi o IBM SPSS, o qual dispõe do método de regressão logística.

3. MODELAGEM POR REGRESSÃO LOGÍSTICA

Um modelo de regressão pode ser definido como uma equação matemática em que se expressa o relacionamento de variáveis. Nestes modelos, define-se uma variável dependente (Y), ou variável de saída, e procura-se verificar a influência de uma ou mais variáveis ditas variáveis independentes, causais ou explicativas (X's) sobre esta variável dependente. Na equação (1), vê-se um exemplo de um modelo de regressão linear (ZANINI, 2007).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Onde:

Y_i : representa a variável dependente;

β_i : são os coeficientes de regressão;

X_i : são as variáveis independentes;

ε_i : erro.

A regressão logística consiste em um tipo de regressão aplicável e preferida quando se tem uma variável dependente categórica dicotômica, ou seja, uma variável nominal ou não métrica que possui apenas dois grupos ou classificações como resultados possíveis como, por exemplo, alto ou baixo, homem e mulher, sim ou não, etc. Na regressão logística, a probabilidade de ocorrência de um evento pode ser estimada diretamente (ZANINI, 2007). No caso da variável dependente Y assumir apenas dois possíveis estados (1 ou 0) e haver um conjunto de p variáveis independentes X_1, X_2, \dots, X_p , o modelo de regressão logística pode ser escrito da seguinte forma:

$$P(x) = \frac{e^{g(x)}}{1 + e^{g(x)}} \quad (2)$$

Onde:

$$g(x) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_p X_{pi}$$

A seguir tem-se as etapas de análise dos dados para se obter o modelo de regressão logística apresentado na equação (2).

3.1 VERIFICAÇÃO DE COLINEARIDADE

Quando se trabalha com mais de uma variável regressora, é muito importante verificar se essas variáveis explicativas são correlacionadas. Se não houver nenhum relacionamento entre elas, diz-se que são ortogonais. Porém se as variáveis forem muito correlacionadas, as inferências baseadas no modelo de regressão podem ser errôneas ou pouco confiáveis. Por isso, é necessário verificar se as variáveis são altamente correlacionadas (FERREIRA, 2012).

Por meio do software IBM SPSS, é possível verificar a colinearidade por meio do seguinte procedimento: *Analisar* → *Regressão* → *Linear*. Neste novo painel, é possível clicar em *Estatística* e marcar a opção *Diagnósticos de colinearidade*. Feito isso, na aba *Coefficientes* são verificados os índices de colinearidade, que são: Tolerância e VIF (VarianceInflationFactor).

O valor de VIF deve estar abaixo de 10 e o valor de Tolerância (1/VIF) deve estar acima de 0,1 (FERREIRA, 2012). A Figura 1 apresenta a janela de saída do software com 12 perguntas do questionário (perguntas de 2 a 13, que são as variáveis de entrada do modelo). Verificando os índices, percebe-se que os valores de VIF e Tolerância colaboram com o intervalo permitido, não registrando alta colinearidade entre as variáveis. Dessa forma, pode-se prosseguir com a regressão logística.

Figura 1 – Verificação de colinearidade

Modelo		Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.	Estatísticas de colinearidade	
		B	Erro Erro	Beta			Tolerância	VIF
1	(Constante)	,362	,128		2,819	,005		
	Você concluiu o ensino médio em escola pública?	-,130	,048	-,161	-2,726	,007	,832	1,202
	Você gostava de estudar matemática no ensino médio	,327	,083	,240	3,928	,000	,783	1,278
	Você tem facilidade no aprendizado da matemática?	,005	,064	,005	,084	,933	,757	1,320
	Você concluiu o curso de nivelamento PCNA?	,088	,047	,107	1,871	,062	,888	1,127
	Você estudava C1 em grupo nos turnos em que não tinha aula na UFPA?	-,063	,046	-,077	-1,366	,173	,918	1,089
	Você resolvia exercícios de C1 além daqueles resolvidos em sala?	,039	,053	,044	,739	,460	,833	1,200
	Você tinha o hábito de revisar o conteúdo de C1 no mesmo dia da aula?	,091	,057	,094	1,603	,110	,855	1,170
	Você participou ou participa de algum projeto de pesquisa ou extensão?	,115	,050	,138	2,324	,021	,825	1,212
	Você usa transporte público para vir pra UFPA?	,045	,057	,044	,788	,431	,926	1,080
	Você mora com a família?	,091	,061	,084	1,499	,135	,938	1,066
	Você mora em Belém?	-,048	,062	-,045	-,763	,446	,845	1,183
	Você possui renda própria?	,030	,058	,029	,525	,600	,972	1,029

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 VALOR-P E OS TESTES DE WALD, OMNIBUS, HOSMER-LEMESHOW

Um importante dado a ser considerado é o valor-p de significância, que aparece como Sig no software. O valor-p é definido como a probabilidade de se observar um valor da estatística de teste (hipótese nula) maior ou igual ao encontrado. Tradicionalmente, o valor de corte para rejeitar a hipótese nula é de 0,05, o que significa que, quando não há nenhuma diferença, um valor tão extremo para a estatística de teste é esperado em menos de 5% das vezes. Valores pequenos de valor-p indicam, portanto, que a hipótese nula é falsa (FERREIRA, PATINO, 2015). O teste de Wald verifica o grau de significância de cada coeficiente da equação logística. É definido como a razão entre o coeficiente e o seu respectivo desvio padrão. O seu valor-p admite como hipótese nula que o coeficiente é nulo. Deve ser, portanto, recusado, ou seja, seu valor-p deve estar abaixo de 5%. Isso indica que, em menos de 5% das vezes o coeficiente é nulo. Logo, ele é então significativo para a equação (3).

$$W_j = \frac{B}{SE} \quad (3)$$

Onde:

Wj: Valor-p de Wald

B: Coeficiente da variável

SE: Desvio padrão da variável

O teste de Omnibus possui como hipótese nula que o ajuste do modelo seja igual ao ajuste do modelo sem predictor e como hipótese alternativa que o ajuste do modelo seja diferente do modelo sem predictor. É então recomendado que se escolha a hipótese alternativa (valor-p de Omnibus < 5%), pois significa que um modelo com um determinado predictor (variável) a mais é melhor que um modelo sem esse predictor. Caso não seja possível rejeitar a hipótese nula, deve-se aceitar o modelo sem aquele determinado predictor (GEYER, 2008).

O teste de Hosmer e Lemeshow admite como hipótese nula que o modelo gerado seja igual às categorias observadas. Considerando-se Y como o valor real da variável e Y^{\wedge} como o valor previsto, esse teste é feito com intuito de medir a proximidade de ambos. A hipótese nula (hipótese de teste) é que não existe diferença significativa entre o valor real e o valor previsto, ou seja, equivale a dizer que o modelo tem bom poder de ajuste. Quanto menor é o valor da diferença entre Y e Y^{\wedge} , mais os valores previstos se aproximam dos reais e, portanto, melhor desempenho preditivo tem o modelo. Desta forma, um fator positivo a favor do modelo é quando se aceita a seguinte hipótese nula:

$$H_0: Y = Y^{\wedge} \quad (4)$$

Dessa forma, o valor-p do teste de Hosmer-Lemeshow deve estar acima de 5%, o que afirma que o valor Y do modelo com a nova variável é igual ao valor Y^{\wedge} previsto em mais de 5% das vezes caso a hipótese nula seja verdadeira (ZANINI, 2007).

3.3 ANÁLISE DO VALOR-P DE WALD

No software, clicando em *Analisar* → *Regressão* → *Logística Binária*, pode-se definir os parâmetros a serem considerados pelo programa. Primeiro, clicou-se em *categórico* e todas as variáveis independentes foram inseridas como categóricas. Inicialmente, foi realizada uma única regressão logística com todas as variáveis, a fim de observar quais delas estavam em desacordo com as condições estabelecidas. Dessa forma, obteve-se a saída cuja imagem encontra-se na Figura 2.

Figura 2 – Regressão logística com todas as variáveis

		B	S.E.	Wald	df	Sig.
Passo 1 ^a	Você concluiu o ensino médio em escola pública?(1)	1,052	,378	7,740	1	,005
	Você gostava de estudar matemática no ensino médio(1)	1,617	,553	8,533	1	,003
	Você tem facilidade no aprendizado da matemática?(1)	-,096	,445	,046	1	,829
	Você concluiu o curso de nivelamento PCNA?(1)	-,695	,357	3,787	1	,052
	Você estudava C1 em grupo nos turnos em que não tinha aula na UFPA?(1)	,612	,368	2,765	1	,096
	Você resolvia exercícios de C1 além daqueles resolvidos em sala?(1)	,297	,385	,595	1	,440
	Você tinha o hábito de revisar o conteúdo de C1 no mesmo dia da aula?(1)	-1,278	,661	3,732	1	,053
	Você participou ou participa de algum projeto de pesquisa ou extensão?(1)	1,135	,459	6,112	1	,013
	Você usa transporte público para vir pra UFPA?(1)	,293	,445	,434	1	,510
	Você mora com a família?(1)	-,718	,426	2,844	1	,092
	Você mora em Belém?(1)	,286	,509	,315	1	,574
	Você possui renda própria?(1)	-,630	,497	1,606	1	,205
	Constante	,528	1,115	,224	1	,636

Fonte: Elaborado pelo autor

Na coluna *Sig*, pode-se verificar que o valor-p de Wald de muitas variáveis está acima de 5%. Isso indica que a inclusão daquela variável não faz uma diferença significativa no modelo construído. Do contrário, esta variável está poluindo o modelo. Foi optado então por fazer uma nova regressão retirando as variáveis categóricas que estão com índice acima de 5%. Na Figura 3 tem-se a janela de saída do software com apenas 5 entradas para o modelo. Quando realizou-se essa nova regressão, observou-se que as variáveis possuíram valor-p de Wald abaixo de 5%, sendo possível iniciar um novo critério de exclusão para o modelo.

Figura 3 – Regressão logística após a análise do Valor-p de Wald.

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	Inferior	Superior
Passo 1 ^a	Você concluiu o ensino médio em escola pública?(1)	,962	,354	7,389	1	,007	2,618	1,308	5,240
	Você gostava de estudar matemática no ensino médio(1)	1,833	,481	14,496	1	,000	6,253	2,434	16,067
	Você concluiu o curso de nivelamento PCNA?(1)	-,735	,337	4,746	1	,029	,480	,248	,929
	Você tinha o hábito de revisar o conteúdo de C1 no mesmo dia da aula? (1)	-1,321	,633	4,356	1	,037	,267	,077	,923
	Você participou ou participa de algum projeto de pesquisa ou extensão?(1)	,997	,438	5,170	1	,023	2,709	1,147	6,398
	Constante	,588	,792	,551	1	,458	1,800		

Fonte: Elaborado pelo autor

3.4 ANÁLISE DO TESTE DE OMNIBUS E DO TESTE DE HOSMER-LEMESHOW

Nesta nova etapa, utilizou-se o método de regressão logarítmica hierárquica para estas 5 variáveis de entrada remanescentes. Nesse método, o programa adiciona gradualmente as variáveis uma a uma, possibilitando comparar diferentes modelos em diferentes etapas. Cada vez que se adiciona uma nova variável, o programa adiciona um novo bloco, mostrando os testes de Omnibus e de Hosmer-Lemeshow após a inserção daquela variável. Quando foram inseridas as variáveis ‘Você concluiu o curso de nivelamento PCNA’ e ‘Você tinha o hábito de revisar o conteúdo no mesmo dia da aula’, respectivamente, as variáveis não passaram no teste de Hosmer-Lemeshow, ou seja, em menos de 5% das vezes o valor real é igual ao valor previsto caso a hipótese nula seja aceita. Isso indica que estas variáveis estão poluindo o modelo, e podem ser descartadas. Porém, é importante salientar que essas duas variáveis passaram no teste de Omnibus, ou seja, a inserção dessas variáveis altera de alguma forma o resultado. Mesmo assim, optou-se por retirá-las.

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DO MODELO FINAL

Após a determinação das 3 entradas que mais afetam o modelo de regressão logística, foi feita uma nova regressão a qual aponta para um modelo julgado mais adequado. Os dados obtidos via software são mostrados na Figura 4.

Figura 4 – Variáveis na Equação

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. para EXP(B)	
								Inferior	Superior
Passo 1 ^a	Você concluiu o ensino médio em escola pública?(1)	-1,116	,380	8,616	1	,003	,327	,155	,690
	Você gostava de estudar matemática no ensino médio(1)	2,417	,528	20,987	1	,000	11,209	3,986	31,521
	Você participou ou participa de algum projeto de pesquisa ou extensão?(1)	2,289	,618	13,713	1	,000	9,861	2,937	33,112
	Constante	-,412	,573	,517	1	,472	,662		

Fonte: Elaborado pelo autor

A coluna B indica os coeficientes de cada variável. Podemos observar que o fato de o aluno ter concluído o ensino médio em escola pública contribui negativamente para a estatística. A coluna Exp(B) indica a escala de OddsRatio (razão de chances). A interpretação deste dado é que indivíduos que dizem ‘sim’ para aquela variável categórica, possuem chances Exp(B) vezes maior de estarem no grupo que passou em cálculo 1 de primeira.

Nossa base de dados, portanto, conclui que ‘gostar de estudar matemática no ensino médio’ e ‘participar de algum projeto de pesquisa ou extensão’ implica em chances maiores de passar em Cálculo 1 de primeira (aumento de 11,209 vezes e 9,861 vezes respectivamente). Em contrapartida, alunos que concluem o ensino médio em escola pública possuem menos chance de passar em Cálculo 1 de primeira (0,327 vezes a mais). Sendo assim, conforme a equação (2), o modelo de regressão logística final deste trabalho fica:

$$P(x) = \frac{e^{-1.116x_1 + 2.417x_2 + 2.289x_3}}{1 + e^{-1.116x_1 + 2.417x_2 + 2.289x_3}} \quad (5)$$

Onde:

x_1 é a resposta (1 ou 0) para a pergunta ‘Você concluiu o ensino médio em escola pública?’.

x_2 é a resposta (1 ou 0) para a pergunta ‘Você gostava de estudar matemática no ensino médio?’.

x_3 é a resposta (1 ou 0) para a pergunta ‘Você participou ou participa de algum projeto de pesquisa ou extensão?’.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi, além de gerar uma equação de maneira mais fiel e precisa possível, identificar estatisticamente quais foram os fatores que mais afetaram na reprovação em Cálculo 1 do

grupo em estudo. Embora a regressão logística realizada não deva ser a única forma de análise, corresponde a uma poderosa ferramenta para que os órgãos e instituições competentes possam estudar e definir novas estratégias para evitar a reprovação e evasão de calouros da disciplina, haja visto que alguns fatores aqui identificados como cruciais podem não estar sendo levados com tanta atenção em consideração em detrimento de outros.

AGRADECIMENTOS

A equipe realizadora deste trabalho agradece aos alunos de engenharia do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará campus Belém, que colaboraram com o preenchimento do questionário.

REFERÊNCIAS

- CASTRO, Yuri. Porque reprova-se tanto em cálculo no ensino superior? Disponível em: <<https://extra.globo.com/noticias/educacao/vida-de-calouro/por-que-reprova-se-tanto-em-calculo-no-ensino-superior-saiba-como-evitar-13356046.html>>. Acesso em: 06/01/2019.
- DEMARIS, Alfred. 'A tutorial in logistic regression'. Journal of Marriage and Family, v. 57, n. 4, 1995.
- FERREIRA, Juliana Carvalho, PATINO, Cecilia Maria. 'O que realmente significa valor-p?'. São Paulo, 2015.
- FERREIRA, Ariane. 'Disciplina de modelos lineares – Regressão Logística'. Rio de Janeiro, 2012.
- FISHER, R. 'A Statistical methods for research workers', 12th edition. New York, Hafner, 1954.
- GARZELA, Fabiana. 'A disciplina de Cálculo I: a análise das relações entre as práticas pedagógicas no professor e seus impactos nos alunos.' 2013. 275 f. Tese (Doutorado em Educação), Universidade de Campinas, Campinas, 20/08/2013.
- GEYER, Charles J., 'Fitting a Regression Model'. Disponível em:
<<http://www.stat.umn.edu/geyer/aster/short/examp/reg.html>>. Acesso em: 06/01/2019.
- HOSMER, Lemeshow, 'Applied Logistic Regression', 2nd Ed., 2000.
- RODRIGUES, Nilton Rodolfo N. M. et. al. Alunos Ingressantes nas engenharias e a aprendizagem básica em matemática. In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE, 2012, Belém, PA.
- ZANINI, Alexandre. 'Regressão logística e redes neurais: um problema de estrutura de preferência do consumidor e classificação de perfis de consumo'. TD. Mestrado em Economia Aplicada. FEA/UFJF. Juiz de Fora, 2007.

Capítulo 6



10.37423/210504034

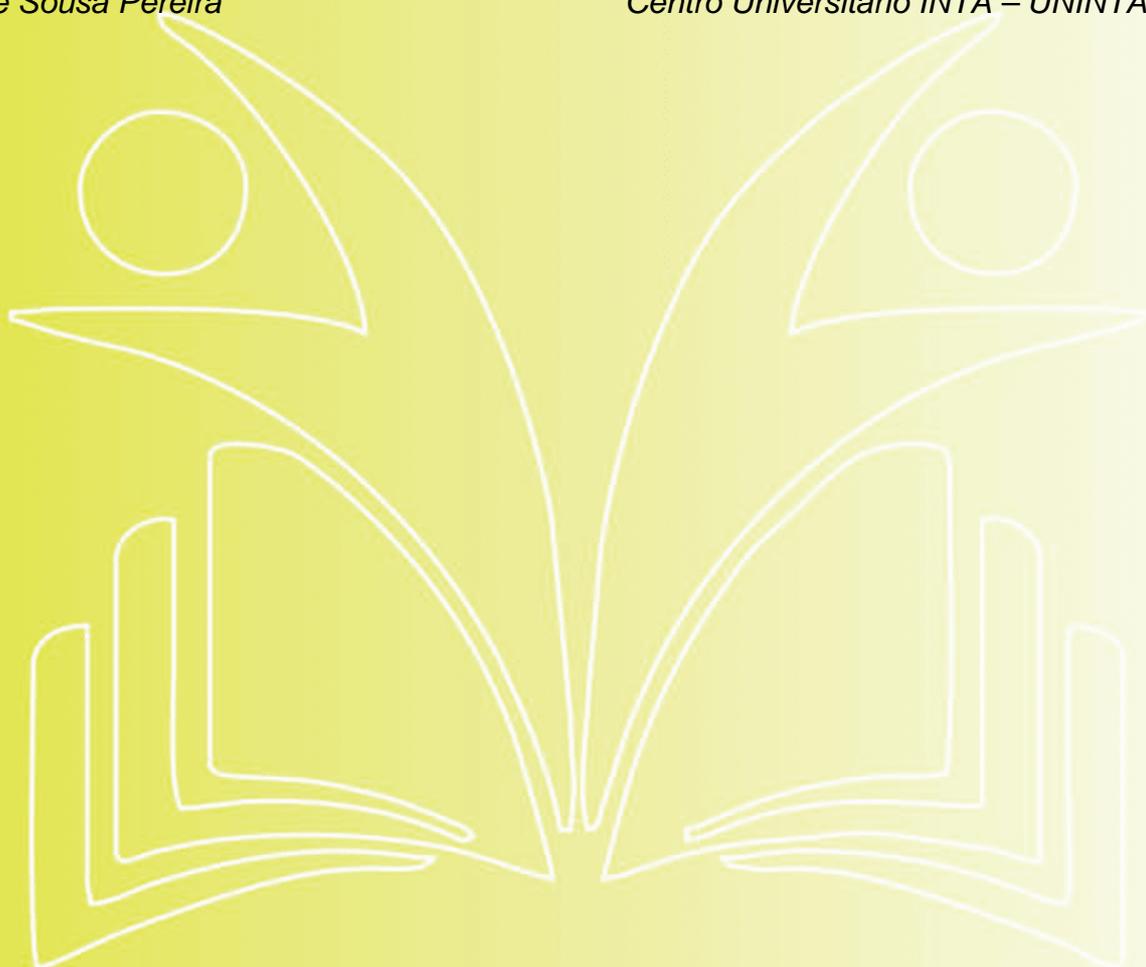
APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS SUSTENTÁVEIS NA GESTÃO DE RESÍDUOS PROVENIENTES DE CANTEIROS DE OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

José Lima do Nascimento

Universidade Anhembi Morumbi

Maurício de Sousa Pereira

Centro Universitário INTA – UNINTA



Resumo: A gestão inadequada de resíduos representa um problema bastante recorrente na construção civil. A indústria da construção civil descarta, anualmente, toneladas de resíduos e, maioria destes descartes não passam por uma gestão de triagem adequada, impossibilitando que grande parte destes resíduos possam ser reaproveitados ou reciclados. O principal fator que ocasiona os descartes inapropriados está relacionado à falta de informação quanto a seleção e ao destino desses resíduos. Assim, é necessário investir em projetos de gestão adequada de resíduos, uma vez que, essa abordagem poderá nortear os construtores e empresas de construção quanto ao descarte correto de resíduos e as boas práticas construtivas, gerando menos impactos ao meio ambiente. O objetivo desse trabalho é apresentar às empresas construtoras e ao mercado da construção civil, os subsídios para uma gestão eficaz dos resíduos gerados nos canteiros de obras, visando atender legislações e padrões legais. Com esse propósito, foram aplicadas metodologias sustentáveis visando a gestão eficiente dos resíduos gerados nos canteiros de obras de edifícios (edificações de médio porte) e residências unifamiliares (edificações de pequeno porte) localizados na cidade de São Paulo (Brasil).

Palavras-chave: *Construção Civil; Gestão de Resíduos; Sustentabilidade.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a sociedade moderna vem se tornando cada vez mais desenvolvida e, diante deste cenário, as pessoas têm buscado mais conforto e qualidade nos ambientes onde vivem. A construção civil, por sua vez, tem sido responsável por grandes avanços na área da construção e habitação e, colaborado para elevar o nível de desenvolvimento econômico da sociedade. No entanto, ela é responsável por grande parte dos resíduos sólidos gerados, em todos os segmentos produtivos, principalmente, nas áreas urbanas (CABRAL; MOREIRA, 2011).

O gerenciamento dos resíduos sólidos nos canteiros de obras, oriundos da construção civil, seja de pequeno, médio ou grande porte, são indispensáveis para a qualidade da gestão ambiental nos centros urbanos. Uma gestão apropriada dos resíduos resulta na redução de custos, tanto sociais, financeiros como também ambientais. (BLUMENSCHHEIN, 2007).

Em grande parte das obras executadas no Brasil o gerenciamento dos resíduos da construção civil (RCC) não é realizado de modo adequado, e isso acarreta sérios problemas sociais, econômicos e ambientais, uma vez que a construção civil é um dos segmentos que geram grandes impactos ao meio ambiente, tanto na extração de matéria prima, com no descarte de material, que, na maioria das vezes é realizado de modo incorreto em locais não licenciados (VIEIRA et al, 2019; SILVA et al, 2015).

Visando a sustentabilidade e a redução dos impactos ambientais, torna-se necessário a criação de políticas direcionadas para o tratamento adequado dos materiais gerados na construção. Assim, no segmento da construção civil, além dos documentos regulatórios, devem existir planos para o gerenciamento dos resíduos gerados pelas construtoras, que vão desde a capacitação dos profissionais da obra até o descarte adequado dos RCC.

Considerando que todas as etapas da construção civil têm seus impactos na sociedade, este estudo objetivou analisar o gerenciamento de resíduos da construção civil, a redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obra e a redução dos impactos ambientais e, dessa forma, apresentar alternativas mais sustentáveis para os descartes da construção civil. O presente trabalho de pesquisa aborda a implementação de técnicas de gestão de resíduos sólidos oriundos dos canteiros de obras da Construção Civil. Neste estudo foi analisado como ações planejadas conseguiram reduzir o desperdício de matéria-prima durante a execução da obra, bem como o seu descarte adequado. Além disso, analisou-se como estes materiais descartados poderia serem processados e reutilizados como

matéria-prima, assim como, a redução dos impactos ambientais em decorrência do descarte correto dos resíduos não aproveitados.

O objetivo principal desse trabalho de pesquisa consistiu na realização de um estudo sistemático para o acompanhamento e gerenciamento de resíduos na construção civil. Para esse propósito, e com a finalidade de uma análise comparativa, avaliou-se a geração e gerenciamento de resíduos em obras de pequeno e médio porte. Em uma análise preliminar, foram identificados os principais tipos de resíduos sólidos gerados nos empreendimentos estudados, bem como o destino dado para esses resíduos pela construtora. Posteriormente, foram adotadas técnicas de manejo sustentável que viabilizasse a reutilização ou reciclagem dos materiais descartados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção será apresentado os fundamentos básicos relacionados à geração e caracterização de resíduos na construção civil, os impactos ambientais ocasionados pelos descartes inadequados, as políticas regulatórias vigentes e as ações voltadas para uma gestão eficiente desses resíduos.

2.1 MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

A conscientização dos limites de espaço e de recursos naturais do nosso planeta vem despertando, cada vez mais, a preocupação com a manutenção desses recursos para as gerações futuras. Aprimorar a sustentabilidade dos processos, em todos os setores produtivos, é uma estratégia vital para assegurar os recursos do planeta para o futuro, baseado na utilização de energias renováveis, tecnologias limpas e na proteção do meio ambiente. Inovação tecnológica, e consciência na utilização dos recursos naturais e energéticos, incentivo ao crescimento de economias regionais, com melhoria dos padrões de vida das comunidades locais, garantindo expansão do mercado de trabalho e geração de renda, são os princípios básicos de um desenvolvimento equilibrado (BAPTISTA JUNIOR; ROMANEL, 2013).

A incorporação de questões ambientais entre os objetivos das organizações modernas tem ampliado substancialmente a discussão quanto a necessidade da implementação de gestão sustentável. Atualmente, os gestores vêm introduzindo em suas empresas programas preventivos e de reciclagem de resíduos, medidas para reduzir o consumo energia e de água no processo de construção e manutenção dos empreendimentos e, para apoiar a implementação destas práticas, a cada dia inovações tecnológicas estão sendo criadas (CORTÊS; et al, 2011).

A questão ambiental na atividade da construção civil ganhou relevância nos últimos anos, assim como a preocupação com a escassez de recursos naturais, os impactos causados ao meio ambiente, e a geração e deposição inadequadas de resíduos. Eles causam efeitos irreversíveis ao meio ambiente e têm levado a um novo conceito de construção sustentável, baseado na prevenção e redução de resíduos sólidos com a utilização de tecnologias limpas e materiais recicláveis e reutilizáveis (LIMA; CABRAL, 2013).

O reaproveitamento ou a reciclagem dos RCC tem se mostrado uma alternativa para economizar os recursos naturais utilizados como matéria-prima na construção civil, além de uma possibilidade de redução nos custos de construção e do volume final dos resíduos a serem dispostos.

2.2 PRODUÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é um dos setores que mais cresce no Brasil, sendo reconhecida como uma importante atividade para o desenvolvimento econômico e social (LIMA; CABRAL, 2013; KLEIN; GONÇALVES-DIAS, 2017; GUEDES, 2014). De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) e da Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC), em 2018, por exemplo, o setor da construção civil movimentou aproximadamente 278 milhões, gerando em torno de 2 milhões de empregos (PAIC, 2018).

Em contrapartida, essa atividade gera grandes impactos ao meio ambiente, uma vez que utiliza elevadas quantidades de recursos naturais para a produção de bens de consumo e sendo responsável por grande parte dos resíduos sólidos gerados atualmente (LIMA; CABRAL, 2013). Os RCC representam a massa predominante de resíduos gerados em áreas urbanas. A disposição irregular destes resíduos pode gerar problemas de ordem estética, ambiental e de saúde pública. No Brasil, eles correspondem entre 50 - 70% quando comparados com o total de resíduos sólidos urbanos (RSU's) (IPEA, 2012).

2.3 POLÍTICAS DE REGULAMENTAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A Política nacional de resíduos sólidos (PNRS) instituída pela Lei nº 12.305/10 com o objetivo de estabelecer diretrizes para que os municípios possam implantar, e fiscalizar se os geradores de resíduos estão seguindo os procedimentos para a correta destinação de seus resíduos (GUEDES, 2014).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307/2002 e suas alterações é considerada o principal marco regulatório para a gestão dos RCC e dispõe sobre a responsabilidades dos municípios em implementarem seus planos de gerenciamento integrado de RCC, bem com

diretrizes, critérios e procedimentos para o manejo adequado destes resíduos. Esta determinação representou um avanço legal e técnico, estabelecendo responsabilidades aos geradores, tais como a segregação dos resíduos em diferentes classes e o seu encaminhamento para reciclagem e disposição final adequada.

Os RCC gerados são classificados conforme determinam as normativas específicas – CONAMA 307/02 (e suas alterações) e a NBR10.004/04, conforme exemplo da tabela abaixo:

- Classe A: Entulho (concreto, blocos, tijolos etc.), pedras, rocha, solo escavado, restos de argamassa, telhas, etc.
- Classe B: Aço, ferro, madeira, papel, vidro, plástico, gesso, etc.
- Classe C: Isopor, lixas, manta asfáltica, massa de vidro, etc.
- Classe D: Latas e sobras de aditivos desmoldantes, tintas e sobras de material de pintura, ferramentas e embalagens contaminados por resíduos perigosos.

2.4 GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Atualmente, tem-se observado uma escalada na geração de RCC resultantes de novas construções, demolições e reformas. Isso, tem exigido soluções diversificadas a fim de reduzir o descarte inadequado de materiais. Também, tem sido estimulado o uso dos resíduos na geração de matérias-primas secundárias através da reciclagem ou da reutilização, com vistas a redução da exploração dos recursos naturais não-renováveis, e assim, promover o desenvolvimento sustentável dentro dos padrões e normas vigentes (SILVA; et al, 2015; VIERA; et al, 2019).

Durante o processo construtivo podem ocorrer perdas consideráveis de materiais. Isso impacta em custos para a empresa. A ocorrência das perdas pode acontecer em diferentes fases dos empreendimentos: concepção, execução e utilização; e cada fase com um conceito de perda diferente. Portanto, ações voltadas para redução dos impactos ambientais, através da reciclagem ou reaproveitamento de materiais, além dos aspectos econômicos podem apresentar um diferencial positivo para a organização.

3. METODOLOGIA

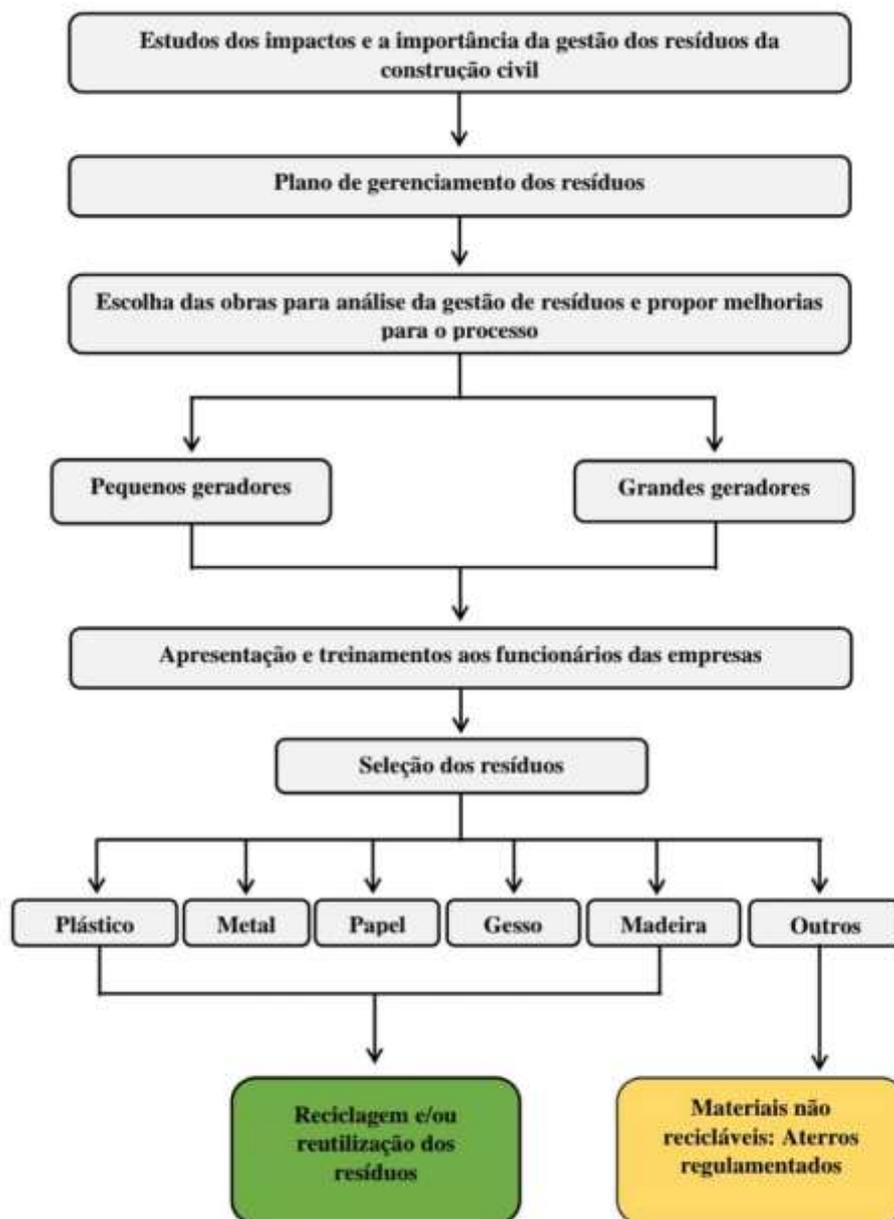
O presente trabalho de pesquisa contempla em um estudo de caso realizado nos canteiros de obras de um edifício (edificação de médio porte) e uma residência unifamiliar (edificação de pequeno porte)

localizados na cidade de São Paulo - Brasil. A metodologia adotada para a sua realização, consistiu na implementação de metodologias sustentáveis visando uma gestão eficiente dos resíduos gerados nos canteiros de obras, de forma a atender a legislação vigente e os padrões legais.

Durante a execução do trabalho os dados da gestão de resíduos foram registrados diariamente e analisados mensalmente. O trabalho foi desenvolvido em um período de três meses.

A Figura 1 mostra um fluxograma detalhado com as principais etapas de desenvolvimento do trabalho.

Figura 1. Estrutura do plano de gerenciamento dos resíduos da construção civil.



Fonte: Autor

3.1 IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA SUSTENTÁVEL

A aplicação da metodologia sustentável consistiu nas seguintes etapas:

- Treinamento dos colaboradores;
- Apresentação aos funcionários da empresa e equipes terceirizadas implantação da gestão de resíduos;
- A implantação de recipientes específicos para a coleta seletiva dos diferentes tipos de materiais: metal, plástico, papel, madeira, vidro etc.;
- O acompanhamento diário desde a implantação da gestão de resíduos nas empresas para a solução de problemas que possam surgir e reforçar a orientação aos colaboradores;
- Implantação de estruturas tubulares porta big bag evitando que os resíduos se espalhem no momento do armazenamento;
- Avaliação mensal do desempenho das equipes em relação a produtividade na execução dos serviços e em relação a limpeza do canteiro de obra das empresas que foi implantado a gestão de resíduos;
- Controle do transporte para a coleta e descarte dos resíduos da obra, obtida em cada um dos locais até a destinação compromissada dos resíduos;
- Elaboração de relatórios.

3.2 TREINAMENTO DOS COLABORADORES DAS EMPRESAS

O principal patrimônio de uma empresa é os seus colaboradores, assim para a empresa e para uma boa gestão dos resíduos é importante os colaboradores estejam sempre atualizados, o treinamento teve como objetivo informar e conscientizar toda a equipe e prestadores de serviço sobre a importância e os procedimentos implantados para a nova gestão de resíduos.

O treinamento dos colaboradores foi realizado pelas equipes técnicas das empresas (equipes responsáveis pela gestão de resíduos, técnicos em segurança do trabalho, engenheiros responsáveis pela obra, etc) nos primeiros dias de trabalho dos colaboradores na obra, tendo como foco principal as boas práticas na gestão de resíduos e sua importância para o desenvolvimento sustentável.

3.3 ESCOLHA DAS EMPRESAS PARA ANÁLISE DE GESTÃO DE RESÍDUOS

Quando se inicia o projeto de uma edificação são realizados diversos estudos sobre os impactos dessa construção no meio em que se situará. O objetivo desses estudos é minimizar os efeitos desses impactos. Para essa finalidade, é necessário contar com empresas qualificadas em tecnologias de gestão de resíduos da construção civil. Assim, quando se adota políticas sustentáveis e que cumprem as legislações vigentes quanto ao gerenciamento de resíduos dentro dos setores de trabalho tem-se projetos mais eficientes e menos agressivo ao meio ambiente, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

Portanto, durante a execução da obra é necessário contratar uma empresa para a gestão dos resíduos. A gestão de resíduos poderá ser realizada por meio de visitas e dados catalogados. Outro ponto relevante passa pela conscientização dos colaboradores na adoção de uma cultura organizacional sustentável, evitando, dessa forma, problemas com as auditorias internas e as dos fornecedores quanto ao cumprimento da legislação que regula a gestão de resíduos na construção civil.

3.4 PLANO DE GERENCIAMENTO E TRIAGEM PARA SELEÇÃO E COLETA DOS RESÍDUOS

3.3.1 BOMBONAS

Os resíduos de pequenas dimensões eram coletados inicialmente no momento e no local em que eram gerados. Metais, madeiras, papéis, vidros de pequenas dimensões eram selecionados por tipos e acomodados em recipientes abertos e resistente com os devidos cuidados. Todos os recipientes de coleta devem estar devidamente sinalizados com etiquetas facilitando a disposição dos resíduos. O tipo de acondicionamento mais utilizados nos canteiros de obra são as bombonas para o condicionamento inicial dos resíduos (Figura 2). Os recipientes para os resíduos orgânicos devem possuir tampa, internamente todos os recipientes podem conter um saco proporcional ao tamanho da bombonas, assim facilitará a coleta.

Figura 2. Bombonas usadas para a coleta de resíduos de dimensões pequenas.



Fonte: Autor

3.3.2 BAIAS

Baias foram usados para acomodar agregados e resíduos pesados ou de grande volume. Como por exemplo: Madeira, metal, agregados, resíduos e entre outros materiais da construção que demanda grande espaço para armazenamento. Existe diversos tipos de baias, móveis, caixotes fechados na lateral e com alça possibilitando a mobilidade de local de armazenamento de resíduos (Figura 3). O número de baias, assim como tipo e suas dimensões foram determinados de acordo com a necessidade de utilização de cada obra.

Figura 3. Baía móvel usado na coleta de resíduos de grandes dimensões.



Fonte: Autor

3.3.3 CAÇAMBAS ESTACIONÁRIAS

Foram utilizadas para os descartes de resíduos como por exemplo: madeira, alvenaria e concreto e ou classe "A". Esses recipientes facilitam a coleta de resíduos na construção (Figura 4).

Em construção de prédios geralmente funciona integrada em dutos de transporte de resíduos facilitando o transporte e aumento a produtividade para o descarte e organização da obra. A

regulamentação desse tipo de transporte cabe a cada município assim como o local onde deve estar situada.

Figura 4. Caçambas usadas na coleta de resíduos.



Fonte: Autor

3.3.4 BIG BAGS

Os *big bags* ou contentores flexíveis, foram utilizados para coletar diversos resíduos leves como papel, botas de plástico e outros materiais. São opções sustentáveis pois possibilitam sua utilização mais de uma vez, e seu tecido biodegradável não agride o meio ambiente; são versáteis, resistentes e possibilita uma capacidade excelente de armazenamento (Figura 5).

Figura 5. *Big bags* usadas na coleta de resíduos.



Fonte: Autor

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os canteiros de obras da construção civil, seja em obras de pequeno ou médio porte, são grandes geradores de RCC e, grande parte desses materiais acabam sendo descartados de forma inadequada pela ausência de projetos de gestão de resíduos nesses setores. A gestão adequada dos RCC pode

resultar, por exemplo, na redução do consumo de materiais, da produção de resíduos e no aumento da reutilização de materiais que, sem uma gestão adequada, seriam descartados.

Durante a implantação e execução da gestão RCC foram analisados parâmetros relacionados à produção, seleção, coleta e reutilização dos resíduos, limpeza da obra, produtividade dos colaboradores e o desempenho obtido com a adoção da gestão de resíduos.

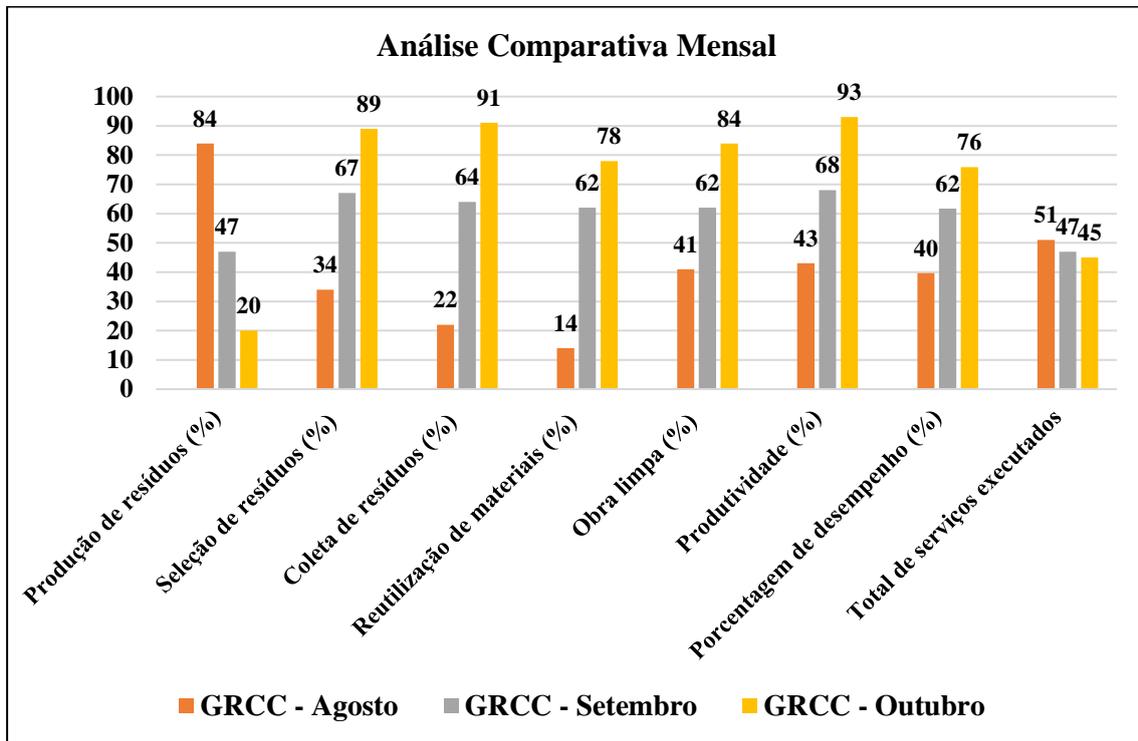
Os resultados obtidos durante a implantação da gestão de RCC foram analisados em função de valores percentuais, a partir das quantidades de resíduos gerados. Os valores estão resumidos na Tabela 1 e apresentados nas Figuras 6 e 7.

Tabela 1 Análise comparativa mensal dos dados coletados durante a implantação da gestão de resíduos da construção civil (GRCC).

Gestão de Resíduos da Construção Civil	Produção de resíduos (%)	Seleção de resíduos (%)	Coleta de resíduos (%)	Reutilização de materiais (%)	Obra limpa (%)	Produtividade (%)	Porcentagem de desempenho (%)	Total de serviços executados
Agosto	84	34	22	14	41	43	40	51
Setembro	47	67	64	62	62	68	62	47
Outubro	20	89	91	78	84	93	76	45
GRCC Médio	50	63	59	51	62	68	59	143

A aplicação da metodologia sustentável na gestão resíduos da construção civil nos canteiros de obras apresentou resultados promissores em todos os critérios avaliados. Realizando uma análise comparativa mensal da gestão de resíduos, pode-se observar que a produção de resíduos produzidos apresentou uma redução de 34%, a seleção de resíduos um aumento de 29% e a coleta e reutilização de materiais apresentaram o mesmo desempenho, com um aumento de 37%. Além disso, os canteiros de obras tiveram um aumento na limpeza de 21% e, isso contribuiu para a segurança do ambiente de trabalho, evitando possíveis acidentes, resultando em um aumento de 25% na produtividade dos colaboradores.

Figura 6 Análise comparativa mensal dos dados coletados durante a implantação da gestão de resíduos da construção civil (GRCC).



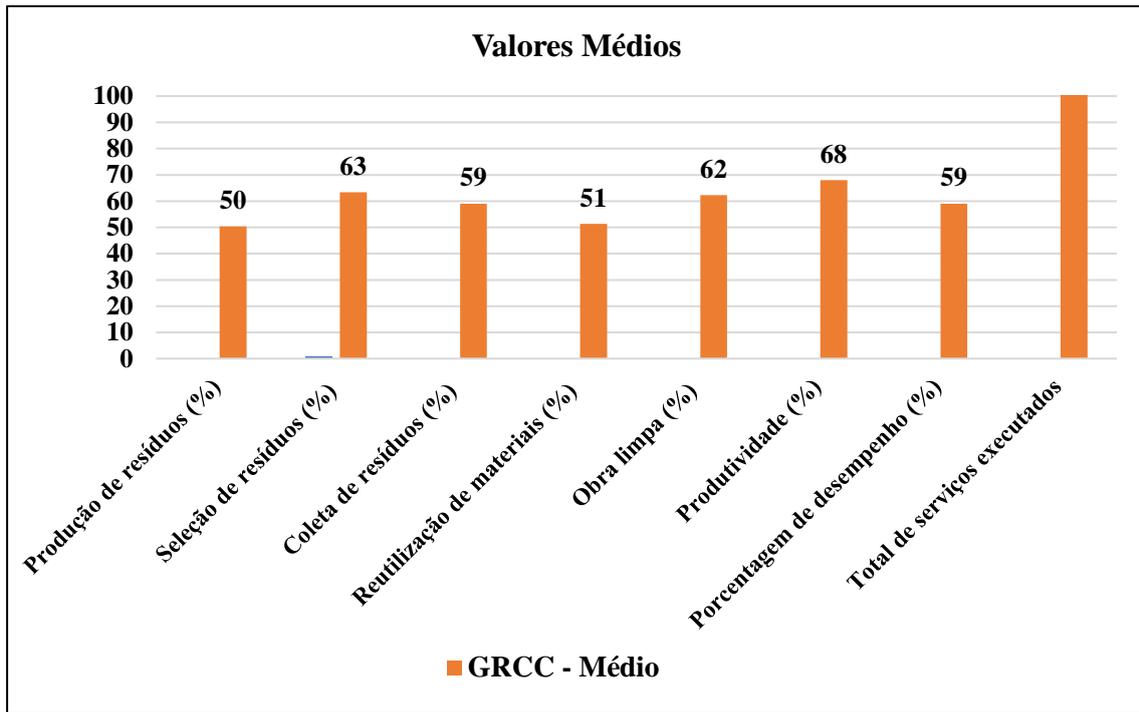
Fonte: Autor

Em uma abordagem global, verificou-se que a aplicação da gestão de resíduos da construção civil resultou em um desempenho crescente de 40% no primeiro, 62% no segundo e 76% no terceiro mês. O percentual de resíduos produzidos diminuiu durante a execução da obra de 84 para 20%. Por outro lado, a seleção, coleta e reutilização de materiais mostraram reduções significativas (Tabela 1).

Considerando os valores médios dos parâmetros avaliados, verifica-se uma proporção elevada na seleção, coleta e reutilização dos resíduos produzidos, bem como na limpeza da obra. Isso impacta diretamente na produtividade e no desempenho da execução da obra.

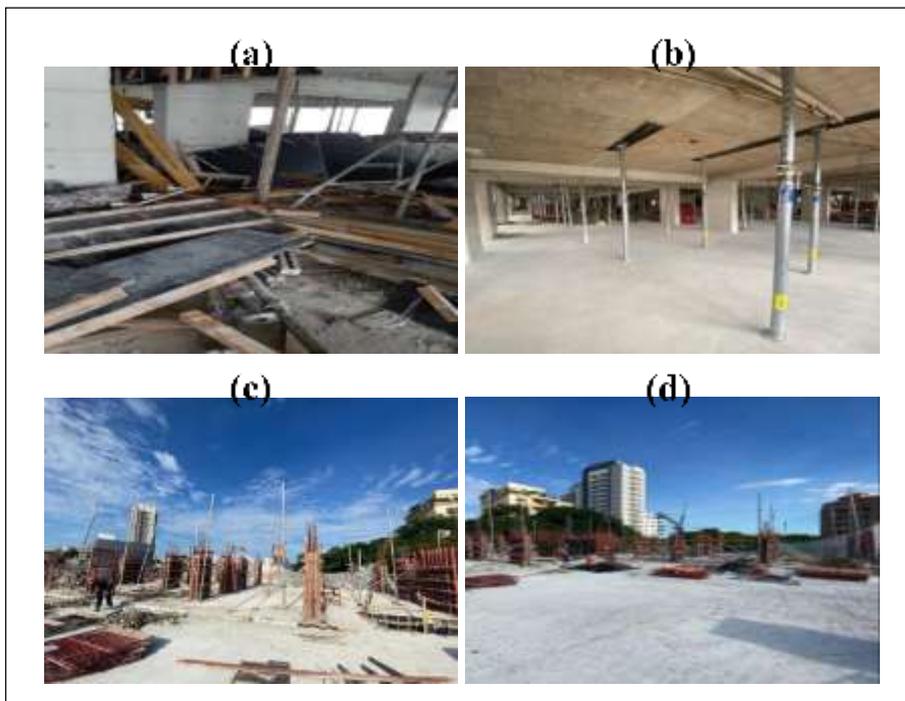
A Figura 8 mostra os aspectos visuais de uma obra antes e após a implantação da gestão de resíduos. A obra mais limpa impacta positivamente na execução de etapas da obra, como por exemplo, na montagem das fôrmas no local, a chegada de material a determinados setores da construção. Além disso, reduz os riscos de potenciais acidentes de trabalho.

Figura 7 Análise dos valores médios dos três meses da gestão de resíduos da construção civil (GRCC).



Fonte: Autor

Figura 8. Etapas da execução da obra antes da implantação da gestão de resíduos (Figs. a, c) e após a implantação (Figs. b, d), respectivamente.



Fonte: Autor

Portanto, a implementação da gestão de resíduos na construção civil se mostrou eficiente para a finalidade proposta e, se apresenta como um caminho promissor para reduzir tanto os custos das empresas como os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de materiais.

5. CONCLUSÕES

Técnicas sustentáveis de gestão de resíduos na construção civil foram implementadas com sucesso em canteiros de obras de construções de pequeno e médio porte na cidade de São Paulo. O trabalho de pesquisa foi desenvolvido em um período de três meses e, os dados coletados foram rigorosamente analisados. Ao final do processo, concluiu-se que aplicação adequada da gestão resíduos da construção civil nos canteiros de obras apresentou resultados favoráveis em todos os critérios avaliados. A produção de resíduos produzidos apresentou uma redução de 34%, a seleção de resíduos um aumento de 29% e a coleta e reutilização de materiais apresentaram o mesmo desempenho, com um aumento de 37%. Além disso, os canteiros de obras tiveram um aumento na limpeza de 21% e, isso contribuiu para a segurança do ambiente de trabalho, evitando possíveis acidente, resultando em um aumento de 25% na produtividade dos colaboradores. Em uma abordagem geral, a aplicação da gestão de resíduos da construção civil resultou em um desempenho crescente de 40% no primeiro, 62% no segundo e 76% no terceiro mês. Portanto, a implementação da gestão de resíduos na construção civil se mostrou eficiente para a finalidade proposta e, se apresenta como um caminho promissor para reduzir tanto os custos das empresas como os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de materiais. Além do mais, devido as melhorias implantadas e os resultados alcançados pela gestão dos resíduos da construção civil apresentadas nesse trabalho de pesquisa, essas técnicas têm despertado o interesse de outras empresas e, atualmente, estão sendo aplicadas em outros empreendimentos.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Universidade Anhembi Morumbi e ao Centro Universitário INTA – UNINTA pelo suporte acadêmico. As empresas Di Paulo Engenharia e Construção, e Rocontec Construção e Tecnologia, por disponibilizar suas estruturas para o desenvolvimento desse trabalho de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BAPTISTA JUNIOR, J. V.; ROMANEL, C. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. *Brazilian Journal of Urban Management*, v. 5, n. 2, p. 27-37, 2013.
- BLUMENSCHNEIN, R. N. Manual técnico: Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras. SEBRAE/DF, Brasília, 2007.
- CABRAL, A. E. B.; MOREIRA, K. M. D. V. Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil. Sinduscon-CE, Fortaleza, 2011.
- CORTÊS, R. G.; FRANÇA, S. L. B.; MOREIRA, M. M; et al. Contribuições para a sustentabilidade na construção civil. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*, v. 6, p. 384-397, (2011).
- GUEDES, G. S. Gestão de resíduos na construção civil. *Revista Terceiro Setor & Gestão*, v. 8, n.1, p. 21-28, (2014).
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012.
- KLEIN, F. B; GONÇALVES-DIAS, S. L. F. A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 40, p. 484-506, (2017).
- LIMA, A. S.; CABRAL, A. E. B. Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, n. 2, p. 169-176, (2013).
- Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC). Rio de Janeiro, v. 28, p.1-4, (2018). https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2018_v28_informativo.pdf. Acessado em 17/04/2021.
- SILVA, O. H.; UMADA, M. K.; POLASTRI, P.; et al. Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, p. 39 – 48, (2015).
- VIEIRA, C. R.; ROCHA, J. H. A.; LAFAYETTE, K. P. V.; et al. Análise dos fatores de influência e diagnóstico da gestão dos resíduos da construção civil (RCC) nos canteiros de obra da cidade do Recife-PE. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 11, p. e20180176, (2019).

Capítulo 7



10.37423/210504039

O CONHECIMENTO DA LOGÍSTICA REVERSA ENTRE COMERCIANTES DA CIDADE DE MACAPÁ

Jorgeana Barros Barata

*Instituto de Pesquisas Científicas e
Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA*

Veridiano Souza Neto

Universidade Federal do Amapá – UNIFAP

Artur Jorge Braga de Souza

Universidade do Estado do Amapá – UEAP.

Orleno Marques da Silva Junior.

*Instituto de Pesquisas Científicas e
Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA*



Resumo: Com o consumo exacerbado e o desenvolvimento tecnológico no setor produtivo, desperta-se o interesse de desenvolver maneiras para minimizar o impacto de produtos sobre o meio ambiente. Nesse quesito surge a logística reversa (LR) nas empresas em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010 – PNRS). Este artigo tem o propósito de identificar o processo de LR nos empreendimentos de lâmpadas e pilhas em estabelecimentos comerciais na cidade de Macapá (Amapá). Por meio de pesquisas bibliográficas e pesquisa de campo com aplicação de questionário estruturados. Estabeleceu-se a importância da LR na empresa, com ênfase aos aspectos econômicos, a destinação ambientalmente adequada e a problemática do descarte irregular. Os dados obtidos mostram que cerca de 87,5% dos locais visitados não desenvolvem a LR e somente 12,5% desenvolvem através dos resíduos sólidos pilhas e baterias. Verificou-se a ausência da disseminação do conhecimento entre as empresas com 0% de planos de incentivos concernentes a LR. Além dos fatos analisados, identificou-se a ausência da fiscalização na aplicabilidade da Lei, na conscientização do processo da logística reversa, tanto quanto, na possibilidade de um plano de incentivo.

Palavras-Chaves: Reciclagem; Conscientização; Meio Ambiente.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a logística reversa deriva de um conceito da logística empresarial, que surgiu na década de 1990, quando foi reconhecido pelos profissionais de logística que matérias-primas, componentes e suprimentos representavam custos significativos que devem ser administrados de forma adequada, quando do seu retorno de pós-venda ou pós-consumo (LAGARINHOS, 2012). Na visão de Leite (2003), a logística reversa de pós- consumo está voltada para a gestão de materiais e as informações logísticas referentes aos bens de consumo de pós-venda descartados pela sociedade em geral que retornam ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo por meio de canais de distribuição reversos específicos.

Arima & Battaglia (2007), destaca que esse tipo de processo, baseia-se em questão ambientais e legais, porém é importante que haja uma evolução na legislação, e maior conscientização da sociedade, que tornará mais fortalecida quanto à questão ambiental. Em 1993, Ballou já demonstrava a preocupação com a geração de resíduos sólidos em função do aumento da população, industrialização, crescimento do uso de embalagens e produtos descartáveis, que indicavam uma despreocupação com a reciclagem no final da vida útil.

A Lei 12.305/2010, segundo o inciso XII do artigo 3º, conceitua logística reversa como:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

A logística reversa refere-se ao papel da logística no retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição de materiais, reuso de materiais, disposição de resíduos, reforma e reparação e manufatura.

A cidade de Macapá, estado do Amapá, dispõe de um aterro sanitário para o controle de resíduos sólidos que por intermédio de um Consórcio Intermunicipal e recebe os resíduos sólidos do município de Santana e de Mazagão. Esse aterro é destinado a receber resíduos do lixo comum, ficando os perigosos a cargo das empresas geradoras gerenciarem.

Assim, este estudo tem como objetivo geral e específico respectivamente de identificar o desenvolvimento da LR na cidade de Macapá, verificando o cumprimento da Lei em estabelecimentos de 16 locais da cidade, também buscou-se verificar o conhecimento das pessoas dos empreendimentos sobre a LR; especificamente buscou-se analisar o manejo dos resíduos sólidos lâmpadas e pilhas.

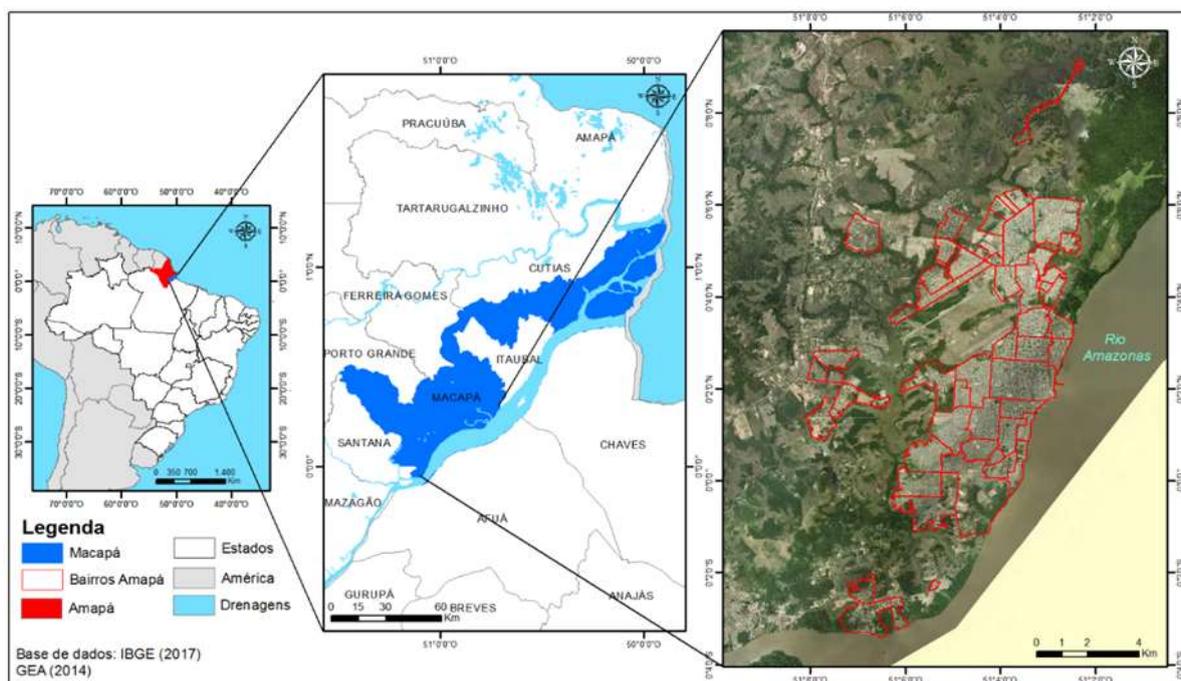
Este artigo está dividido em seis seções. Além desta introdução, a segunda seção explica a metodologia utilizada com dados bibliográficos e pesquisa de campo quantitativa. Na terceira seção conceitua a legislação no Brasil para resíduos sólidos. Já na quarta seção traz algumas definições de lâmpadas e pilhas com sua importância e utilização na LR. Como sequência na quinta seção os resultados obtidos na pesquisa de campo e alguns discursões. Na sexta seção são apresentadas algumas considerações finais.

2 - METODOLOGIA

2.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Macapá é a capital do Amapá, no extremo norte do Brasil, é uma cidade banhada pelo rio Amazonas considerado um dos maiores rios do mundo em extensão, além de ser a única capital do país a ser cortada pelo paralelo do equador (Figura 1).

Figura 1: Localização da área de estudo,



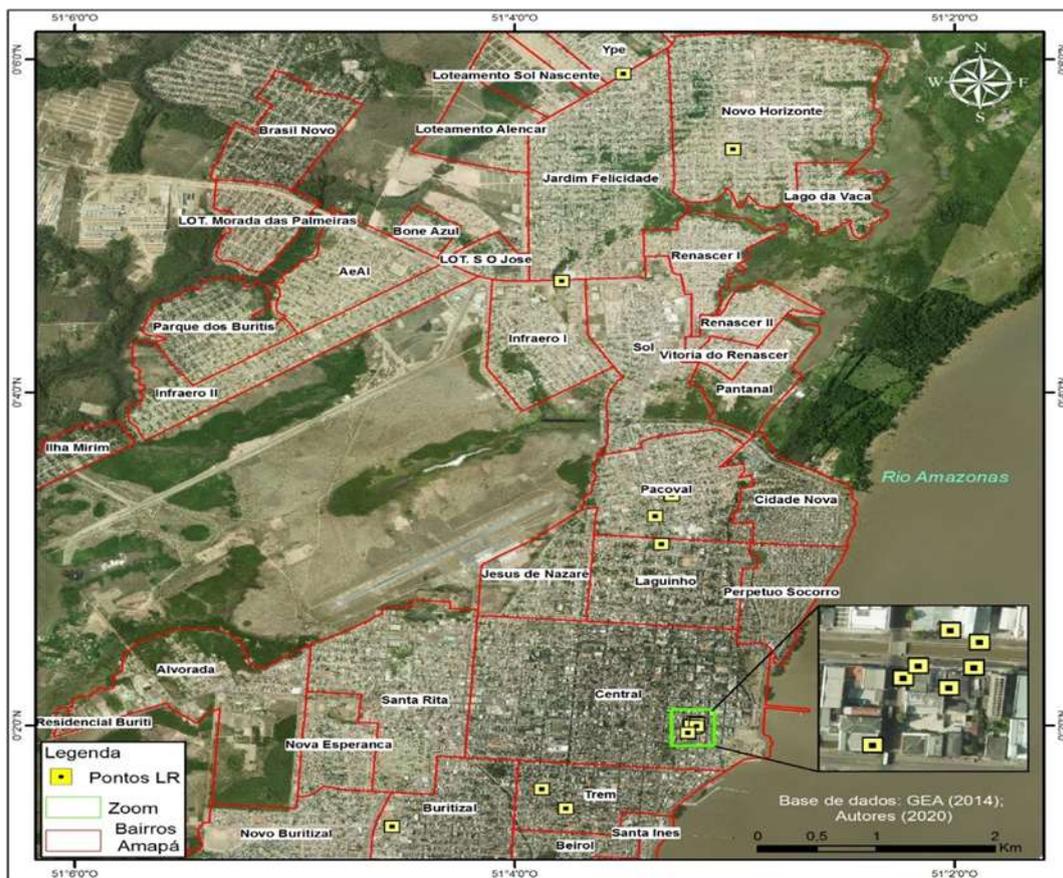
Fonte: Autores, 2020

O município de Macapá é considerado o mais populoso do estado, estima-se que em 2019 a população alcançou 503.327 habitantes, onde principal setor da economia é o comércio (IBGE, 2020).

O estudo teve como base a Lei Federal de nº 12305/2010 a qual trata da política nacional de resíduos sólidos, com base nisto, o presente trabalho está estruturado em duas etapas: pesquisas bibliográficas

de dados secundários com obras da literatura referentes ao tema; e pesquisa de campo, com a aplicação de entrevistas aos gerentes das empresas médios e pequenos porte. Ainda, com o intuito de mapear os pontos de coleta, foi de suma importância a utilização dos softwares como: ArcGis e Google Earth para o programa Excel sistematizar os dados (Figura 2).

Figura 2: Espaço amostral da pesquisa in loco.



Fonte: Autores, 2020

O retângulo verde na figura foi feito para representar uma zona de acumulação dos pontos de coleta, devido ser uma região onde ocorre grande fluxo de materiais e ou resíduos como pilhas e lâmpadas compondo um total de 7 empresas.

Após os dados serem coletados, foram tabulados e posteriormente representados numa microanálise, onde foi possível selecionar os dados mais especificamente para concluir as principais problemáticas para este artigo, contudo, os percentuais foram calculados em função da quantidade de empresas que desempenham determinada atividade pelo total de empresas entrevistadas.

3 - LEGISLAÇÃO NO BRASIL

No Brasil, um marco importante para destinar os resíduos sólidos no sentido de regulamentar a responsabilidade foi promulgado a Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Resíduos resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição

A Política Nacional de Resíduos Sólidos com normas e regulatórios destina o retorno de seis resíduos sólidos. De acordo com o artigo 33 da Lei 12.305/10 “são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de: ”

I - Agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA), ou em normas técnicas;

II - Pilhas e baterias;

III - Pneus;

IV - Óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;

V - Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;

VI - Produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

A resolução CONAMA nº 401/2008, estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências.

De acordo com o Art. 3º Os fabricantes nacionais e os importadores de pilhas e baterias referidas no art. 1º e dos produtos que as contenham deverão:

I - Estar inscritos no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras dos Recursos Ambientais-CTF, de acordo com art. 17, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981;

II - Apresentar, anualmente, ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA laudo físico-químico de composição, emitido por laboratório acreditado junto ao Instituto Nacional de Metrologia e de Normatização-INMETRO;

III - Apresentar ao órgão ambiental competente plano de gerenciamento de pilhas e baterias, que contemple a destinação ambientalmente adequada, de acordo com esta Resolução.

4 - IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA PARA LÂMPADAS E PILHAS

No Brasil, são descarregados na natureza perto de 3,5 toneladas de mercúrio contidas nas 85 milhões de lâmpadas descartadas nos aterros públicos, que vêm, sistematicamente, contaminando o ar em nosso meio ambiente (CETRIC, 2012). A lâmpada é um dispositivo que atua como um suporte para uma ou várias luzes artificiais conectada a eletricidade, entre as variedades de lâmpadas vamos citar apenas duas: lâmpadas incandescentes e lâmpadas fluorescentes.

As Lâmpadas de incandescência são lâmpadas com um filamento de tungstênio alojado no interior de um bulbo de vidro, preenchido com gás inerte ou com uma mistura de um gás inerte com nitrogênio, ou a vácuo. Quando há passagem da corrente pelo filamento, os elétrons se chocam com os átomos de tungstênio e essa energia é transformada em forma de luz e calor (ELETROBRÁS, 2017) .

As Lâmpadas Fluorescentes são de descarga de baixa pressão cuja luz é produzida por pós fluorescentes que são ativados pela radiação ultravioleta da descarga. A lâmpada possui, normalmente, o formato do bulbo tubular longo, com um filamento em cada extremidade, contendo vapor de mercúrio em baixa pressão com uma pequena quantidade de gás inerte para facilitar a partida. O bulbo é recoberto internamente com um pó fluorescente ou fósforo, que, compostos, determinam a quantidade e a cor da luz emitida. Necessita de equipamentos auxiliares para o seu acendimento (ELETROBRÁS, 2017).

O mercúrio contido em lâmpadas fluorescentes pode ser liberado para as matrizes solo, ar e água. Quando uma lâmpada quebra, parte do mercúrio contido no interior da lâmpada é imediatamente liberado para o ar na forma de vapor (MMA,2016).

Pilhas são dispositivos capazes de armazenar energia elétrica através de reações químicas. Para Oliveira (2013), existem vários tipos de pilhas, sendo que estas são divididas em dois grupos: a) Pilhas Secas e Alcalinas. As pilhas secas são do tipo zinco-carbono, geralmente usadas em lanternas, rádios e relógios. Tem em sua composição Zn, grafite e MnO₂ que pode evoluir para MnO(OH). Além desses elementos também é importante mencionar a adição de alguns complementos químicos para evitar a

corrosão como: Hg, Pb, Cd, In. Estas pilhas contêm até 0,01% de mercúrio em peso, revestindo o eletrodo de zinco para evitar a corrosão e aumentar a performance.

Ainda segundo o autor, as pilhas alcalinas são compostas de um ânodo, ("prego" de aço envolto por zinco em uma solução de KOH alcalina (pH~14), um cátodo de anéis de MnO₂ compactado envoltos por uma capa de aço niquelado, um separador de papel e um isolante de nylon. Até 1989, a típica pilha alcalina continha mais de 1% de mercúrio. Em 1990, pelo menos três grandes empresas de pilhas domésticas começaram a fabricar e vender o produto contendo menos de 0,025% de mercúrio. A NEMA (Associação Nacional Norte-Americana dos Fabricantes Elétricos) estima que 3,25 pilhas zinco-carbono e 4,25 pilhas alcalinas per capita são vendidas ao ano nos EUA (OLIVEIRA, 2013).

Nos aterros, as pilhas ficam expostas ao sol e a chuva, oxidando e se rompem, criando uma série de inconvenientes, como risco de contaminação do lençol freático. O chorume, também denominado de caldo, infiltra-se no aterro, lavando materiais em processo de decomposição, conduzindo contaminantes químicos e biológicos ao lençol freático (REIS, 2013).

“Logística reversa: em uma perspectiva de logística de negócios, o termo se refere-se ao papel da logística ao retorno dos produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição de materiais, disposição de resíduos, reforma, reparação e remanufatura [...]”. (STOCK, 1998, p.20).

Neste contexto, a logística reversa forma um ciclo onde os produtos e embalagens adquiridos pelos consumidores através das empresas revendedoras retornem aos fabricantes. Sendo assim, ela traz um papel muito importante onde as empresas se tornam capazes de aprimorar os conhecimentos a respeito dos processos reversos, dando maior importância aos custos e de que forma estão sendo aplicados, pois a logística reversa representa também a reciclagem, onde os materiais de diferentes empresas se tornam matéria prima retornando ao mercado, como está descrito na Figura 3.

Figura 3: Ciclo da logística reversa.



Fonte: Asteka, 2020.

Observa-se que a logística reversa consegue tornar possível o retorno dos bens ou de seus materiais constituintes ao ciclo produtivo, usando de meios que vão desde a operacionalização do fluxo, da coleta dos bens, por meio de processamento logístico, separação, seleção e até mesmo reintegração ao ciclo.

As lâmpadas e pilhas quando descartadas casualmente ou em lixo doméstico ocorre o que chamamos de descarte irregular que degrada o meio ambiente em diversas proporções e sendo prejudicial à saúde.

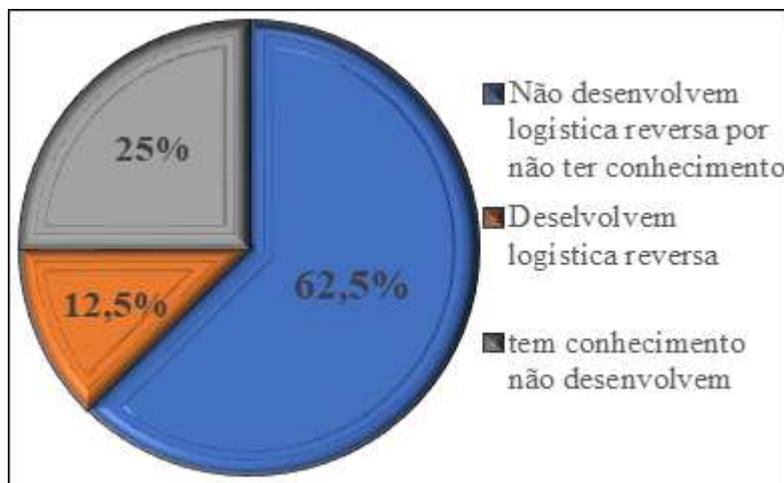
5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo a SEMUR (2020), a coleta mensal dos RS na cidade de Macapá varia de 11.000 a 18.000 toneladas retiradas entre lixos domiciliares, feiras e mercados, limpeza de canais e entulhos, contabilizando um total de 153.557, 68 toneladas ao ano são destinadas ao aterro sanitário.

A Figura 4 mostra que das 16 empresas entrevistadas 10 não desenvolvem a logística reversa por não terem conhecimento da lei ou sobre as normas. Os dados mostram que 4 empresas têm conhecimento do que seja a logística reversa de acordo com a lei, mas não desenvolvem a L.R. e somente 2 empresas que tem conhecimento da logística reversa sendo uma empresa que recolhe baterias e a outra empresa recolhe pilhas. Diante do exposto, foi possível identificar que 14 empresas totalizam 87,5%, as quais não praticam logística reversa. Ainda, entra em discussão, a ausência de conhecimento para as 10 empresas que não desenvolvem a L.R. por não conhecerem a Lei, 12305/2010 e as 4 empresas

que conhecem a L.R., mas não desenvolvem pela falta de fiscalização, não se sentem na obrigatoriedade de cumprirem.

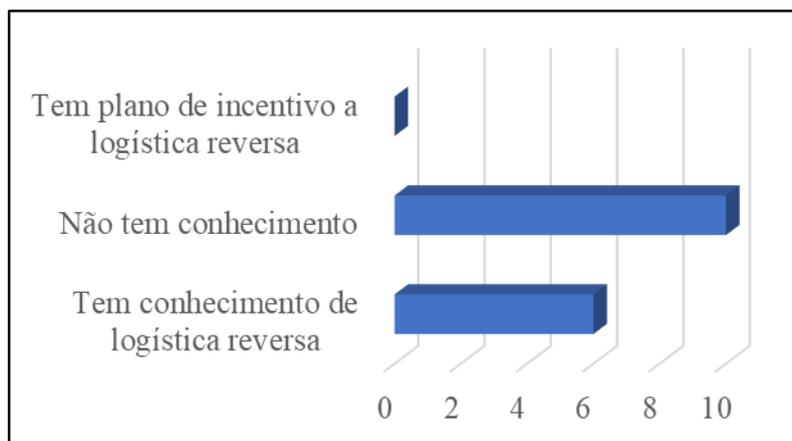
Figura 4: Gráfico do perfil de logística reversa das empresas entrevistadas



Fonte: Autores, 2020

Esta pesquisa verificou que nenhuma das empresas entrevistadas apresentam um plano de incentivo a LR, isso está inteiramente ligado a falta de informação disseminada entre as empresas a respeito do assunto. Apesar de 37,5% saberem do que se trata, mais da metade não sabem. Figura 5.

Figura 5: Disseminação do conhecimento da logística reversa entre as empresas.



Fonte: Autores, 2020

Segundo o art. 33 da lei 12.305/10 diz que a implementação de planos para a logística reversa é dever das empresas, entretanto não cumprem seu papel.

A CNM, confederação nacional dos municípios afirma em uma publicação no Diário Oficial da União que os municípios estão sendo punidos pelo ministério público, pela falta de planos de incentivo a

logística reversa, apesar de ser uma atividade delegada as empresas que fazem a comercialização dos produtos. Devido a isto, há um cenário bastante negativo onde os prefeitos das cidades são os grandes responsáveis; segundo o ministério público, isto ocorre pela não implementação da logística reversa em suas localidades. Neste sentido, tornou-se de suma importância a presença e a participação desses representantes nas reuniões do comitê (CNM, 2018)

Segundo Daher et al, (2006), a principal razão das empresas não realizarem a implementação da logística reversa é a falta de um sistema informativo que interaja com o sistema tradicional, entre outras razões como dificuldades de mensurar os impactos do retorno dos produtos e ou materiais devido à falta de conhecimento da grande necessidade de controle, além de os custos serem a última opção para as empresas.

Contudo, os problemas só aumentam, segundo Fleischmann et al, (1997), juntamente com a melhoria do nível de vida dos países industrializados, houve um crescimento da emissão de resíduos sólidos em número e em quantidade.

Esses resíduos gerados podem ter três destinações finais diferentes: podem seguir para um local de descarte seguro, como aterro sanitário, e depósitos específicos; podem seguir um destino qualquer chamado de não seguro, tendo grande possibilidade de agressão a natureza, e de poluição ao meio ambiente; e por último, os resíduos podem voltar a um ciclo de distribuição reversa (SHIBÃO et al, 2010).

Ainda na Figura 6, apenas 12,5 % das empresas concluem com êxito a logística reversa, mas chama-se a atenção que apenas 6,25% recolhem pilhas, 6,25% recolhem baterias, somente 37,5% desenvolvem a logística de produção que são as pilhas e lâmpadas que apresentam defeitos são devolvidos aos fabricantes. Contudo o maior descaso foi identificado que 50% dos resíduos perigosos são jogados no lixo.

Figura 6: Destinação final dos resíduos das empresas entrevistadas

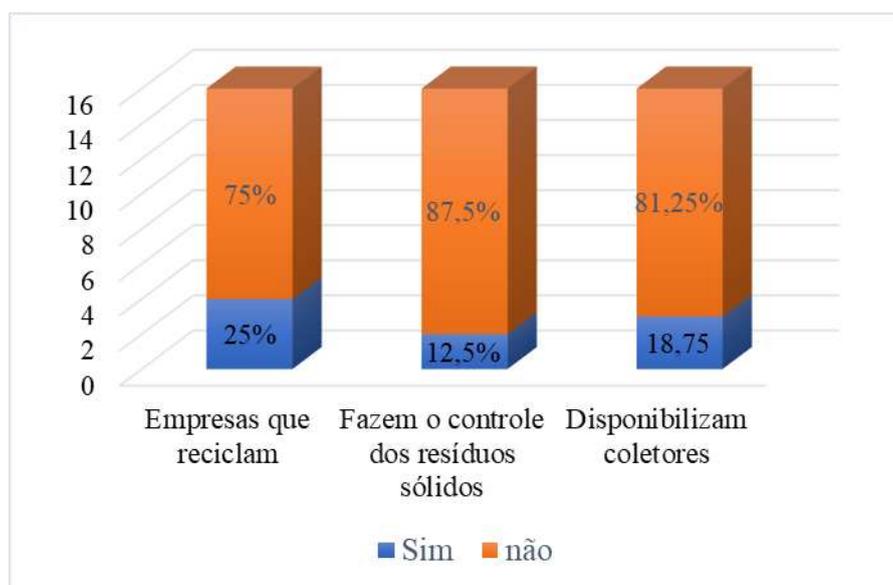


Fonte: Autores, 2020

Cabe aqui ressaltar que, a lei federal 12.305/10 trata no seu art. 33 as lâmpadas e pilhas como materiais ou resíduos de alta periculosidade, por possuírem materiais altamente danosos ao meio ambiente, como as lâmpadas de vapor de sódio, mercúrio e de luz mista. Diante disto, a lei dá total liberdade a empresa independentemente de serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos etc., de gerenciar esses resíduos de acordo com as regras de gerenciamento de resíduos sólidos previstas em lei, ou em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA, e dentre outras como SNVS, SUASA, e em normas técnicas.

A reciclagem é um fator importante para que as empresas alcancem uma boa economia de maneira eficaz, porém, mostrou-se pequena diante da quantidade de empresas aqui entrevistadas. Cerca de 25% das empresas trabalham com a reciclagem de materiais ou resíduos sólidos como: Baterias, pilhas, fitas de PVC e bobinas. Sendo que desse quantitativo 18,75% disponibilizam coletores, e os outros 6,25% acondicionam os resíduos no depósito da empresa (resíduos sólidos de bobinas de fios de cobre) (Figura 7).

Figura 7: Fragilidades no sistema de acondicionamento dos resíduos



Fonte: Autores, 2020

Em conversa com os entrevistados identificou-se a ausência de conhecimento da Lei 12.305/10 que estabelece as diretrizes da logística reversa, o conhecimento da mesma e não sendo usada por parte por não sofrerem fiscalização e acharem que a responsabilidade é do poder público. Como plano de incentivo a criação de uma Lei para os produtos reciclados dando um desconto nos impostos para empresas que desenvolvem a LR, categorizando o produto reciclado com um preço diferenciado, outra possibilidade seria dar um desconto ao consumidor que trouxer o produto usado na hora que comprar o novo.

De acordo com o Guimarães (2017) o Termo de Ajuste de Conduta (TAC) firmado entre a Prefeitura de Macapá, a Empresa Rumos e a Associação de Catadores do Amapá - ACAM, ficou ajustado que fossem implantados três núcleos receptores de material reciclável para manuseio de catadores. Os materiais recicláveis como garrafas pet, cobre, alumínio, latinhas e plásticos, são selecionados pelos catadores dentro do aterro sanitário e revendidos para uma empresa de reciclagem Diante da necessidade de expandir a reciclagem seria viável mais empresas no segmento logístico, pois atualmente somente uma empresa recolhe lâmpadas para reciclar.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa conclui que somente 6,5% dos entrevistados reciclam pilhas e nenhuma empresa recicla lâmpadas, com uma margem de 87,5% não desenvolvem a logística reversa, ocasionando o descarte em lixo doméstico, sendo prensado com os demais resíduos sólidos destinados ao aterro sanitário da

cidade de Macapá, tal qual, encontra-se em fase de implantação e não possui células específicas para acondicionar as lâmpadas fluorescentes que são os resíduos perigosos de fontes não específicas, resíduo classe I, sob o código F044 e para pilhas como resíduo perigoso de fonte não específica, resíduo classe I, sob o código F042.

Ainda na observância destaca-se a necessidade da educação ambiental para que 62,5% das empresas possam desenvolver a LR de acordo com a lei e em ampla consonância com o meio ambiente. Ressalta-se ainda que estamos analisando resíduos perigosos que devido a sua composição química em comum o elemento mercúrio quando inalado, pode facilmente atravessar a membrana alveolar até atingir a circulação sanguínea. No sangue, no fígado e nos rins o mercúrio é oxidado à forma divalente (Hg^{2+}) pelo complexo chamado hidrogênio peróxido catalase em pequenas proporções causam sérios danos à saúde humana.

A falta de percepção da logística reversa pelas empresas e pelos demais corpos do ciclo, podem ter sérias consequências seja nas empresas, seja ao meio ambiente. Para que possamos mudar os 75% das empresas entrevistadas cheguem ao ponto da reciclagem é indispensável a estruturação do mercado reverso ou ainda criando planos de incentivos, tal como, uma Lei para os produtos reciclados dando um desconto nos impostos para empresas que desenvolvem a LR, categorizando o produto reciclado com um preço diferenciado, outra possibilidade seria dar um desconto ao consumidor que trouxer o produto usado na hora que comprar o novo.

Chama-se a atenção, para necessidade de um Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos - PGRS, o qual aponta à administração integrada dos resíduos por meio de um conjunto de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento.

REFERÊNCIAS

ARIMA & BATTAGLIA, A. Da terra para a terra, uma visão do ciclo total. Tecnológica, São Paulo: Publicare, 2007.

ASTEKA AMBIENTAL. Logística Reversa e o Meio Ambiente. Fonte: Asteka Ambiental. Disponível em: <http://asteka.eng.br/index.php/logistica-reversa-e-o-meio-ambiente/>. Acesso em: 28/08/2020.

BRASIL- Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Fonte: [planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 23 de janeiro de 2020.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 401, de 4 de novembro de 2008. Publicada no DOU nº 215, de 5 de novembro de 2008, Seção 1, página 108-109. Fonte: [/mma.gov.br/](http://mma.gov.br/). Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2008_401.pdf Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

CETRIC - (2012) Central de tratamento e disposição de resíduos industriais e comerciais. Disponível em: <http://www.cetric.com.br/index.php?PG=opl>. Acesso em: 28/01/2020.

CNM- 2018. Portaria aprova regimento interno do comitê de sistemas de logística reversa. Disponível em: cnm.org.br/comunicacao/noticias/portaria-aprova-regimento-interno-do-comite-de-sistemas-de-logistica-reversa. Acesso em: 15/03/2020.

DAHER, C., SILVA, E., & FONSECA, A. (2006). Logística Reversa: Oportunidade para Redução de Custos através do gerenciamento da cadeia integrada de valor. BBR- Brazilian Business Review. Vol. 3, No. 1 Vitória-ES, Brasil – Jan/ Jun 2006. pp. 58-73.

ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Dicionário da energia elétrica. Fonte: eletrobras.com, 2017. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Dicionario-da-Energia-Eletrica.aspx>. Acesso dia 24/01/2020.

FLEISCHMANN, M.; BLOEMHOF-RUWAARD, J.; DEKKER, R.; VAN DER LAAN, E.; NUNEN, J.; VAN WASSENHOVE, L. Quantitative Models for reverse 16 Logistics: a Review. European Journal of Operational Research, Bradford, v. 103, p. 1-17, 1997.

GUIMARÃES, Luanderson (25 de agos de 2017) MP-AP, Associação de Catadores e empresa ambiental assinam TAC para construir núcleos de coleta de resíduos sólidos em Macapá . Fonte: [/mpap.mp.br/](http://mpap.mp.br/). Disponível em: <http://mpap.mp.br/caop-meio-ambiente?view=article&id=5923:mp-ap-associacao-de-catadores-e-empresa-ambiental-assinam-tac-para-construir-nucleos-de-coleta-de-lixo-solidos-em-macapa-2&catid=142>. Acesso em: 24 de agosto de 2020.

IBGE- 2020. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados. ibge.gov.br. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ap/macapa.html>. Acesso em: 22/02/2020.

LAGARINHOS, Carlos A., Logística dos Pneus Usados no Brasil. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/SP – Brasil. Ano de publicação 2012.

LEITE, P. Logística Reversa: meio ambiente e competitividade, São Paulo: Pratices Hall, 2003.

MMA- 2016. MMA avança no descarte de lâmpadas. mma.gov.br, 20 de dezembro de 2016. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/13868-noticia-acom-2016-12-2082.html>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2020.

OLIVEIRA, R. Metodologia de Análise da Logística Reversa de Pós-Consumo: Uma Aplicação ao Caso de Pilhas e Baterias, Florianópolis de 2013.

SEMUR. Dados Abertos, Limpeza Urbana. Fonte: [/macapa.ap.gov.br/](http://macapa.ap.gov.br/), 22 de julho de 2019. Disponível em: <https://macapa.ap.gov.br/dados-abertos>. Acesso em: 19 de maio de 2020.

SHIBÃO, F.; MOORI, R.; SANTOS, M. A Logística Reversa e a Sustentabilidade Empresarial. XII SemeAD, seminários em administração/ setembro de 2010. Inss2117-3866.

STOCK, J R. Reverse logistics programs, Council of Logistic Management, Illinois,1998.

Capítulo 8



10.37423/210504040

RESÍDUOS SÓLIDOS E DESENVOLVIMENTO SOCIAL DOS CATADORES NO ATERRO DE MACAPÁ – AMAPÁ

Jorgeana Barros Barata

Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA

Maxwell Moreira Baia

Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA

Orleno Marques da Silva Júnior

Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA



Resumo: A produção e o descarte final dos resíduos sólidos são um grande desafio para as cidades brasileiras, vários instrumentos legais estão disponíveis para tentar sanar esse problema. O objetivo, deste artigo é objetivo, analisar a cadeia produtiva e o processo de coleta seletiva da no centro de Tratamento de Resíduos – CTR, ressaltando a viabilidade da implantação de usinas reciclagens na cidade de Macapá, buscando o desenvolver uma consciência econômico ambiental. Foi realizada uma pesquisa aplicada, descritiva, quali-quantitativa, cujos procedimentos técnicos foram o survey e análise documental. O instrumento de pesquisa foi um questionário com perguntas fechadas, cujo retorno obtido com a resposta de 27 catadores. A análise dos resultados ocorreu por meio da estatística descritiva e análise de conteúdo categorial temática. A pesquisa verificou a inexistência da consciência dos catadores com relação aos princípios da Política Nacional dos Resíduos Sólidos-PNRS, bem como os seus instrumentos. Os resultados mostraram a situação socioeconômica em que vivem os catadores e que existem instrumentos já existentes que se bem aplicados podem auxiliar na melhoria do ambiente de trabalho, contribuindo para a sugestão de medidas que podem ser tomadas no âmbito da coleta seletiva e da educação ambiental para a gestão dos resíduos sólidos.

Palavras-chave: aterro sanitário de Macapá; Política Nacional de Resíduos Sólidos; logística reversa; Educação Ambiental; resíduos sólidos.

INTRODUÇÃO.

Um dos maiores desafios do século XXI é o tratamento e descarte das milhões de toneladas dos resíduos produzidos diariamente por nossa civilização. Existe um consenso de que a geração excessiva de resíduos sólidos afeta a sustentabilidade e que a sua redução depende de mudanças nos padrões de produção e consumo da sociedade (GODECKE, 2012).

Essas mudanças tornam-se necessárias e urgentes, uma vez que, a produção crescente desses resíduos sólidos causa impactos no ambiente e na saúde, e o uso sustentável dos recursos naturais ainda é uma meta distante (AGENDA 21, 1997; CONSUMERS INTERNATIONAL, 1998; COOPER, 2005).

No Brasil, a Lei nº 12.305/2010, instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos-PNRS, e dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos necessários para alcançar o correto gerenciamento dos resíduos, exigindo dos setores públicos e privados transparência durante todo o processo. Entre os instrumentos dessa lei, destacam-se, os Planos de Resíduos Sólidos, Coleta seletiva e logística reversa.

A atuação destes instrumentos consiste em ações necessárias para o manejo correto dos resíduos em todas as etapas, desde a geração, acondicionamento, transporte, transbordo, tratamento e reciclagem, destinação e disposição final, de modo a incentivar a reciclagem e reaproveitamento.

No entanto, muitos empecilhos ainda dificultam a aplicação prática e eficaz da gestão integrada dos resíduos sólidos em todo país. Entre eles destacam-se a inexistência da efetivação de um plano nacional com ações práticas e a falta de um planejamento com metas locais, assim, os estados e municípios poderiam se espelhar e contribuir localmente para alcançar os objetivos estipulados nacionalmente pela PNRS.

Para Silva et al., (2014) essas dificuldades refletem na falta de capacidade financeira e administrativa, pouca capacidade técnica na gestão dos serviços de limpeza pública, além do tema não ser uma prioridade em muitos casos para a gestão pública.

No Amapá, Segundo Góes (2011), a partir de 2005 o poder público iniciou um processo de adequação das condições ambientais no processo de destinação final dos Resíduos sólidos urbanos - RSU, através da transformação do lixão a céu aberto em aterro controlado. Isso de foi reflexo de pressões sociais das comunidades residentes próximas à área e assinatura de Termo de Ajustamento de Conduta Ambiental, proposto pelo Ministério Público do Estado do Amapá (MPE/AP).

Neste aterro, anualmente são destinadas 153.557 toneladas de resíduos sólidos (SEZUR 2020). Valores que expressam, a importância da consciência do processo de aproveitamento, tratamento ou destino

os resíduos urbanos, assim como a elaboração de estudos que objetivem o seu aproveitamento (SOUSA et al., 2010), buscando a redução efetiva da quantidade de resíduos potencialmente recicláveis dispostos em aterros ou lixões (JACOBI e BESEN, 2011).

Os catadores de materiais recicláveis desenvolvem um papel de relevância no âmbito social, econômico e ambiental e também para saúde pública. Porém, ainda permanecem invisíveis em nossa sociedade. No entanto, a partir da organização destes grupos (associações e cooperativas de catadores), percebe-se que é possível reverter este quadro discriminatório, isto já vem acontecendo no Brasil e pela América Latina (FONTÃO E OLIVEIRA, 2020; NOVAKOWSKI E BALSÍ, 2020).

Este trabalho tem como objetivo, fazer um diagnóstico socioeconômico dos catadores e analisar o processo de coleta seletiva no centro de Tratamento de Resíduos – CTR, ressaltando a viabilidade da implantação de usinas reciclagens na cidade de Macapá, como forma de melhoria na qualidade do trabalho dos catadores.

METODOLOGIA

Os dados obtidos e apresentados na pesquisa, foram levantados por meio de questionários, entrevistas, observações, visitas de campo e pesquisa documental, com vista numa análise qualitativa e quantitativa acerca do processo de catação desenvolvida nas instalações do aterro sanitário de Macapá. Este, subdivide-se em duas etapas: levantamento primário e levantamento secundário.

Levantamento de dados primários

Aplicação do questionário através das visitas de campo, ao todo foram realizadas duas visitas in loco nas instalações do CTR, nos dias 8 e 22 de outubro de 2020, totalizando 27 catadores entrevistados pertencentes as associações (Associação dos Catadores do Amapá – ACAM e Associação dos Catadores da Ilha Redonda – ASCAM), também foram entrevistados os presidentes dessas associações e por fim, foram feitas algumas entrevistas livres aos catadores de rua.

Com as perguntas foram, buscou-se identificar o percentual econômico obtido na reciclagem, analisar quais os materiais separados e a quantidade de catadores que atuam na separação dos resíduos sólidos.

Levantamento de dados secundários

Para a pesquisa bibliográfica, para Martins e Theóphilo (2009), esta é uma estratégia fundamental de qualquer pesquisa, possibilitando conhecer, analisar e explicar determinados assuntos, com base em referências publicadas em livros, periódicos, revistas, etc.

Todas as fontes bibliográficas foram consultadas nas bases disponíveis nos periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Inclui-se nessa lista de dados as plataformas do MMA (Ministério do Meio Ambiente), ANA (Agência Nacional de Águas) e o sistema de busca (Google Scholar) utilizado na busca de artigos acadêmico-científicos.

Na seleção das publicações de interesse, houve restrição de dez anos ao período de publicação, com ênfase nas seguintes palavras-chave, individuais ou combinadas: resíduos sólidos, reutilização de resíduos, catadores, usinas de reciclagem, destinação final de resíduos, aterro de Macapá e projetos sociais em aterros.

Na leitura e análise dos artigos encontrados, foram selecionados apenas os que apresentaram relevância para os objetivos do trabalho. A seleção das referências de artigos, teses, dissertações e os currículos de pesquisadores da área relevantes foi feita através da plataforma Lattes (CNPq). A identificação destes pesquisadores, também foi realizada através do Banco de Teses e Dissertações da CAPES.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo encontra-se no município de Macapá que está localizado às margens do rio Amazonas ocupando uma área de 6.563,849 km² com uma população estimada em 2016 de aproximadamente 512,902 habitantes (IBGE, 2020). A cidade de Macapá é a capital do estado do Amapá, o aterro sanitário de Macapá está localizado na BR-210, distante 12 km da cidade, sobre as coordenadas geográficas: 0° 9' 4.32" de latitude Norte e 51° 8' 19.15" de longitude Oeste, como mostra a Figura 1.

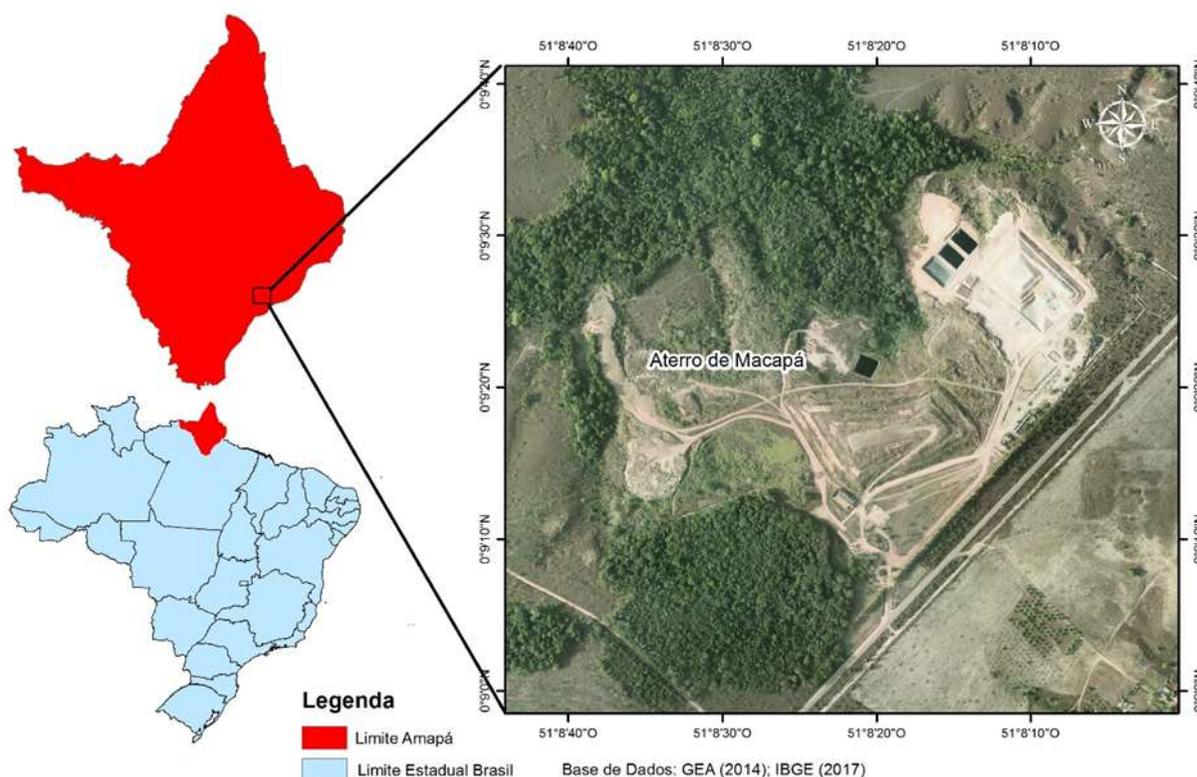


Figura1. Área de estudo

Fonte: Autores, 2021

A área total destinada ao empreendimento é de aproximadamente 103 hectares, tendo uma parte da área afetada pela disposição dos diversos tipos de resíduos (domiciliares, comerciais, entulhos, serviços de saúde, pneus, etc.) está estimada em 35,70 hectares, uma área ocupada pela vegetação nativa é de 58,70 hectares e aproximadamente 36,0 hectares é a área de intervenção (SEZUR, 2020).

As atividades de coleta, transporte e manutenção da central de tratamento são realizadas por empresas terceirizadas contratadas pela prefeitura. Atualmente, o aterro recebe resíduos sólidos de Macapá, Santana e Mazagão, desde 2019, resultado de um Termo de Cooperação assinado em 2017, vale ressaltar que antes o aterro era um lixão e passou por várias transformações até o atual modelo (PENHA et al., 2019; SANTOS et al., 2019).

Os resíduos sólidos que são coletados na cidade de Macapá, quando entram no aterro, passam por diversos procedimentos para o tratamento. As etapas das operações realizadas no aterro sanitário são vistas na Figura 2.

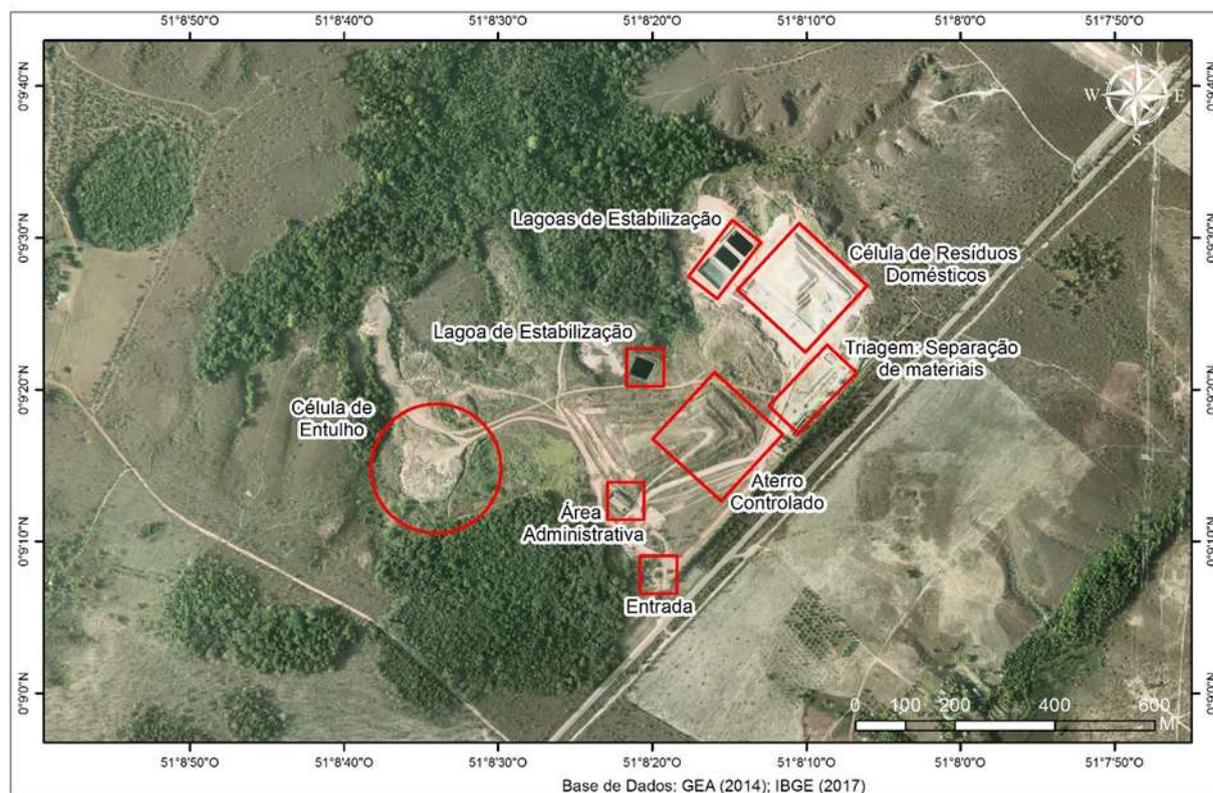


Figura 2. Operações no aterro sanitário de Macapá

Fonte: Autores, 2021

A seguir, serão destacadas as principais áreas, operações e tratamentos realizados nesta instalação (Figura 3). Entre as quais, serão abordadas neste artigo, apenas as atividades nas áreas de armazenamento de recicláveis e a atuação dos catadores cuja atividade profissional é reconhecida pelo Ministério do Trabalho e Emprego desde 2002, segundo a Classificação Brasileira de Ocupações-CBO.

Estes atores, são de fundamental importância para o gerenciamento do aterro, atuando nas atividades da coleta seletiva, triagem, classificação, processamento e comercialização dos resíduos reutilizáveis e recicláveis, contribuindo de forma significativa para a cadeia produtiva da reciclagem em substituição ao uso de matérias-primas virgem e o aumento da vida útil da célula (SOUZA, 2012; SILVA e SIQUEIRA, 2017).



Figura 3: A- Célula de resíduos domésticos, B-célula de armazenamento de resíduos recicláveis; C- célula entulho, célula de resíduos domésticos, D- dreno de gás metano e E- lagoas de estabilização.

Fonte: Autores, 2021 (A, B); Penha et al., 2019 (C, D); G1/AP, 2017 (E)

Área de armazenamento de recicláveis

Na área de armazenamento de resíduos sólidos recicláveis (feita separadamente por sacolas), organizados para a venda, há compradores específicos, cada catador fica com uma baia (um espaço para recolher os recicláveis). A construção do galpão de triagem está prevista no Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) Nº 039/2017).

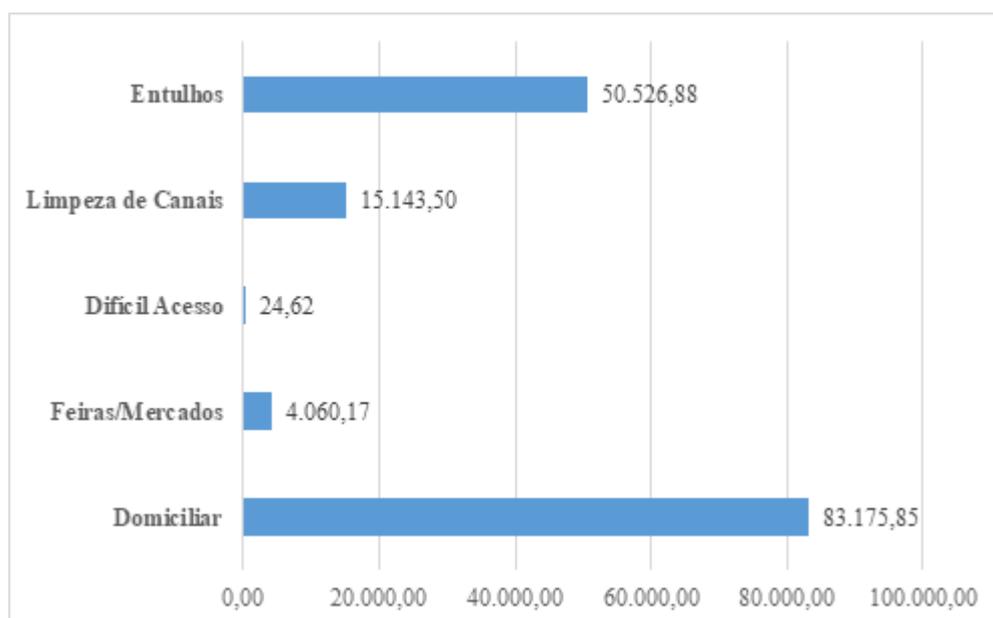
Pesagem e quantificação dos resíduos

A quantificação do volume dos resíduos é feita através da pesagem dos veículos coletores de resíduos, em uma balança rodoviária para a verificação dos resíduos sólidos coletados e depositados pela prefeitura e mais geradores no aterro. Aproximadamente um caminhão coletor de lixo, pode carregar por dia 7 toneladas de lixo (PENHA et al, 2019).

Após a pesagem os caminhões coletores são diretamente encaminhados para onde devidamente será descarregado, às células de resíduos domésticos (figura 3a), é dividida em platô onde é feita uma escavação da base de modo que garanta a penetração do lixiviado e evite vazamento pelos taludes da célula.

Segundo a Secretaria da Zeladoria Urbana – SEZUR, em 2018 foram coletados nos três municípios (Macapá, Santana e Mazagão) totalizando 153.557 toneladas, subdividindo-se em 5 classes (gráfico 1). Pode-se notar que a maior quantidade de resíduos teve origem domiciliar.

Gráfico 01: Quantitativo (Ton) de resíduos sólidos coletados em 2018



Fonte: SEZUR (2020)

A reciclagem de resíduos sólidos na subsistência humana.

A produção de resíduos é uma atividade inseparável da existência humana, sua produção total varia basicamente em função do crescimento populacional e do nível de desenvolvimento industrial e tecnológico de cada região (Sousa, 2014).

A produção excessiva é uma problemática, apontada como uma das principais causas de impactos ambientais, visto que o descarte irregular de materiais recicláveis, além de se ter um passivo ambiental, há um desperdício de matéria prima, que poderia ser inserida novamente no ciclo produtivo por meio de tecnologias.

Segundo Donaire (1995), o desenvolvimento da tecnologia deve ser orientado para metas de equilíbrio com a natureza e de incremento da capacidade de inovação dos países em desenvolvimento e o progresso será entendido como fruto de maior riqueza, maior benefício social equitativo e equilíbrio ecológico. Nesse contexto dois processos importantes são destacados: a reciclagem e a reutilização.

O processo de reciclagem desenvolvido na cidade de Macapá dentro do aterro, conta com duas associações: a Associação dos Catadores do Amapá – ACAM e a Associação dos Catadores da Ilha Redonda – ASCAM.

Esse processo dá-se na seleção dos resíduos como plástico politereftalato de etileno (PET), alumínio, garrafa água sanitária, cobre, metal, latinhas e plástico duro (Figura 4a) que após serem selecionados e armazenados em bag's são vendidos para empresas de reciclagem, entre elas a empresa Reciclus Amapá (Figura 4b)



Figura 4: A- Resíduos selecionados, B - empresa Reciclus Amapá retirando material reciclável

Fonte: Autores, 2020

Entre os principais agentes do processo de reciclagem in loco, destacam-se as pessoas físicas de baixa renda, reconhecidas pelo Ministério Público como catadores, estes, associados das associações que trabalham em condições insalubres, exercem suas atividades em dias alternados devido a intensa

exposição ao sol ou chuva no meio dos resíduos dispersos no monte, por 9 horas, com intervalo de 1 hora para almoço (Figura 5a).

Como agente secundário os catadores de rua (Figura 5b), pessoa física, de baixa renda, que trabalham diariamente por 8 horas, tendo um intervalo de 10 a 20 minutos por hora trabalhada para descanso e uma hora para almoço, utilizando carrinhos para armazenar os resíduos latinhas, alumínio, cobre e ferro que são posteriormente destinados à venda ao sucatão.



Figura 5: A- Catadores no aterro sanitário de Macapá, B-catador de rua

Fonte: Autores, 2020

Essas atividades muitas vezes discriminadas pela sociedade possuem amparo e importância estabelecida pela PNRS, entre elas: o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania. Nela os catadores são fundamentais na gestão integrada dos resíduos sólidos.

Ressalta-se em consonância com a Lei 12.305/2010 – PNRS no Art 18 define que:

“a elaboração de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, nos termos previstos por esta Lei, é condição para o Distrito Federal e os Municípios terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade”.

A aplicabilidade do PMGIRS estabelece diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos; às responsabilidades dos geradores e do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis. Quando se trata de gestão de resíduos, os principais objetivos devem ser a diminuição do volume e a correta destinação.

Usina de reciclagem e coleta seletiva agregada a reciclagem de RSUs.

Para Ribeiro e Besen (2007), os primeiros movimentos organizados de coleta seletiva no Brasil foram em 1986, e, a partir de 1990 algumas prefeituras se comprometeram em auxiliar o trabalho dos catadores de associações e cooperativas tornando cada vez mais relevante o papel dos catadores no contexto social e ambiental. A coleta seletiva também ganhou considerável função da crescente consciência da necessidade da reciclagem.

Assim, outra possibilidade seria a implantação da usina de reciclagem que atenderá a quantidade de materiais coletados na coleta seletiva sendo acondicionados em bag's após triagem dos mesmos, passando por pensamento, enfardamento e comercialização,

Desenvolvimento social com projetos sociais na reciclagem de RSUs

Para Andrade e Zimmermann (2008) o desenvolvimento social, portanto, desenrola-se através de uma gama complexa de ações e medidas que habilitam capacidades humanas (individuais e coletivas) através da oferta de serviços e oportunidades sociais e econômicas. Em conformidade com o autor o desenvolvimento social alarga uma visão econômica, incorporando um bem-estar social.

Assim, ao desenvolver projetos sociais sustentáveis com resíduos sólidos no desenvolvimento social propicia uma coleta seletiva, sendo uma atividade que garante a obtenção de resultados satisfatórios na compensação ambiental urbana.

Ainda, a viabilidade de criação de nichos de trabalho, diminuindo a desigualdade social e a obtenção de renda para uma parcela da população urbana que encontra, nos materiais recicláveis, uma alternativa de sobrevivência.

A gestão de RSU influencia na qualidade de vida da população e se apresenta como um aspecto fundamental para o desenvolvimento urbano de forma sustentável, representando um ponto de interseção entre a saúde coletiva e a sustentabilidade. Nesta esfera, a aplicabilidade dos projetos voltados para uma consciência ambiental sociais é essencial.

Em Macapá projetos recentes como “lixo que vale” ação coordenada pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SEMA, no dia 8, de junho na Área de Proteção Ambiental (APA) da Fazendinha, em Macapá.

Dezenas de pessoas trocaram resíduos sólidos recicláveis por "dinheiro verde" simbólico durante uma ação do Projeto Lixo que Vale do Governo do Amapá, como parte da programação do junho Verde.

A SEMA contou com a participação dos moradores do entorno da APA para coletar os resíduos recicláveis, totalizando 913,1 kg. De plástico foram 651,6 Kg; garrafas de vidro somaram 199 unidades, correspondendo a 100 kg, aproximadamente; a quantidade de alumínio recolhido foi 149 kg e inox, 12,5 kg.

Segundo Froes (2018) mais de R\$ 900 em "dinheiro verde" foram trocados por alimentos em três estabelecimentos credenciados pelo Lixo que Vale. A coordenadora do projeto, Camila Brito, ressaltou que ele ajuda a comunidade ter uma renda extra. “Além de incentivar as pessoas a coletarem o lixo que despejam no meio ambiente, ajuda as famílias a adquirirem uma renda extra que contribui na compra de alimentos”, explica a coordenadora. Uma das ideias do projeto é fazer com que os moradores gerenciem de forma adequada os resíduos recicláveis descartados na natureza. Esse trabalho serve para incentivar a comunidade a limpar o próprio bairro.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados obtidos demonstraram que 64% dos catadores apoiam a instalação de usinas recicláveis no aterro, enquanto que 36% são contra (gráfico 1a). No quesito implantação de um sistema de coleta seletiva 82% mostraram-se favorável a ideia, enquanto que apenas 18% discordam (gráfico 1b). Vale ressaltar, que entre eles pouco se sabe sobre os temas, com isso, foi necessário realizar uma breve explanação.

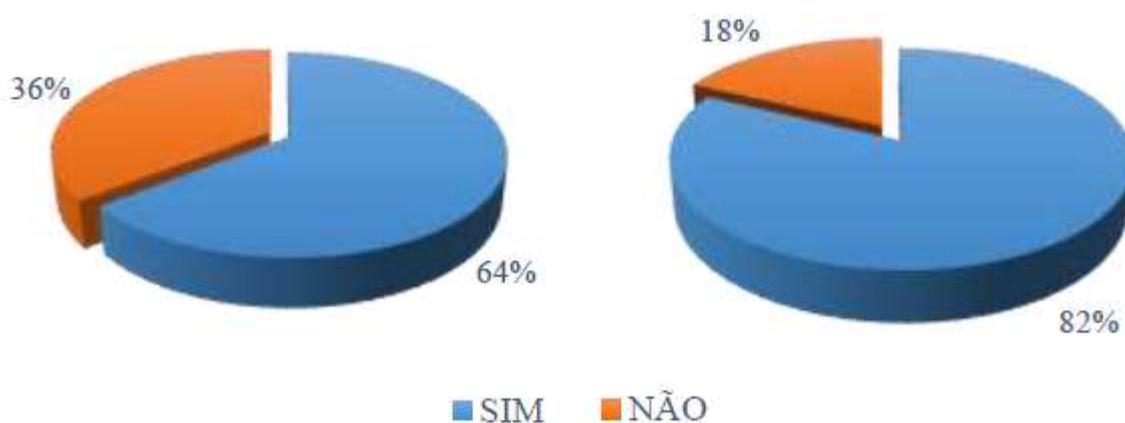


Gráfico 1a. Usina Reciclagem

Gráfico 1b. Coleta Seletiva

Fonte: Elaborado pelos autores

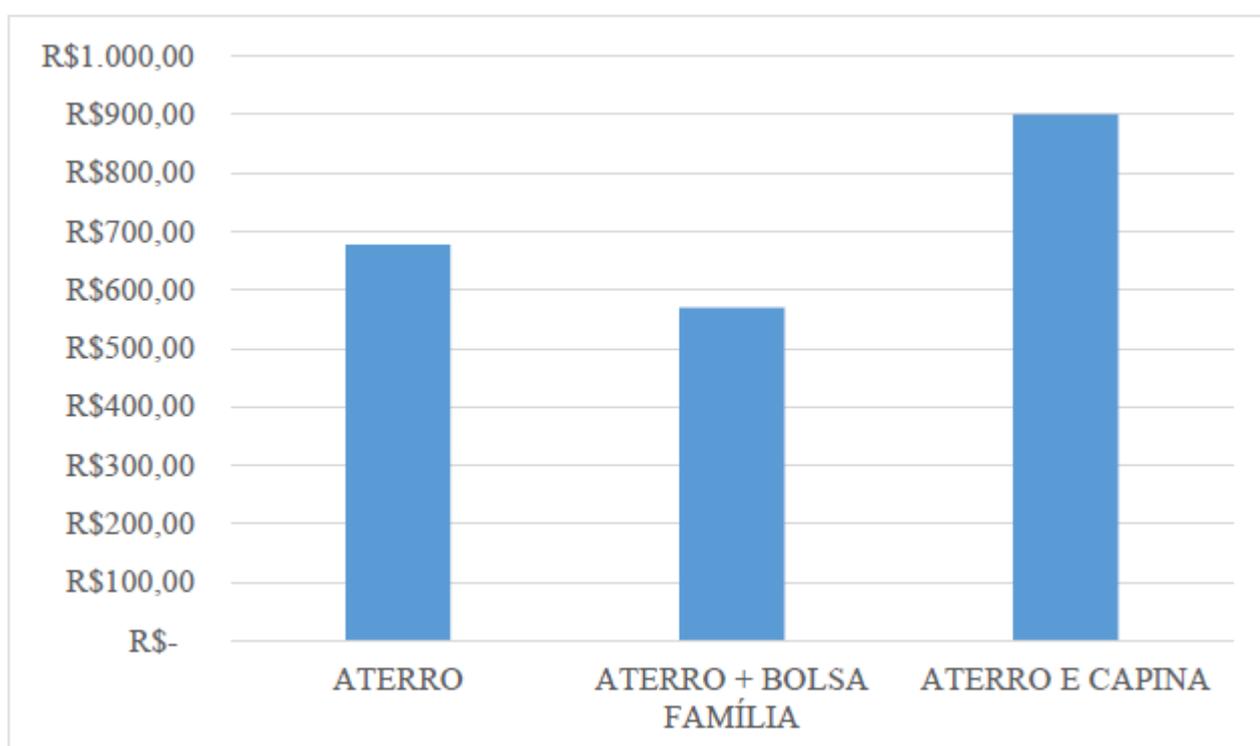
A renda dos 28 catadores entrevistados pode ser dividida em três fontes, sendo elas: 1) aterro e capina; 2) aterro 3) e aterro e bolsa família, subdivididos e quantificados segundo a fonte respectivamente (1, 22 e 5).

FONTE DE RENDA	NÚMERO
Aterro	22
Aterro + bolsa família	5
Aterro e capina	1

Tabela 02. Número de catadores

Fonte: Elaborado pelos autores

Pode-se notar que a maioria dos catadores possuem como fonte exclusiva de renda o aterro. E que a média mensal para cada classe são: aterro R\$ 676,67; aterro e bolsa família R\$ 570,00 e aterro e capina R\$ 900,00 reais (Gráfico 2).

**Gráfico 2.** Média das rendas dos catadores

Fonte: Elaborado pelos autores

Foi possível identificar que a renda mensal de cada catador sofre uma variação, esses valores são em função da quantidade de resíduos coletados diariamente. Assim, 4 catadores recebem até R\$ 250,00; 8 recebem até R\$ 500,00; 6 recebem até R\$ 750,00 e 10 recebem até R\$ 1.000 reais (gráfico 3).

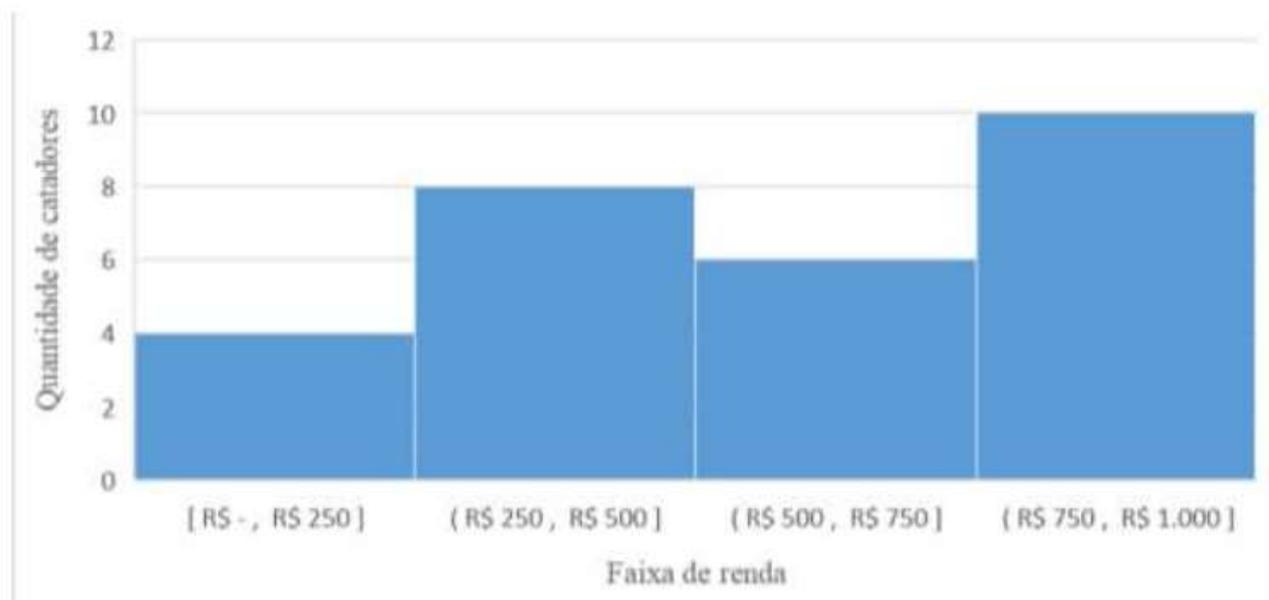


Gráfico 3. Frequência mensal dos catadores

Fonte: Elaborado pelos autores

No gráfico 4, pode-se identificar que o tempo de serviço varia entre os catadores, havendo pessoas em atividade desde da época em que o aterro ainda era lixão. Eles foram divididos em 4 classes, nas quais: 13 pessoas estão de (3 à 12), 10 de (12 à 21), 4 de (21 à 30) e 1 de (30 à 39) anos em atividade neste local.

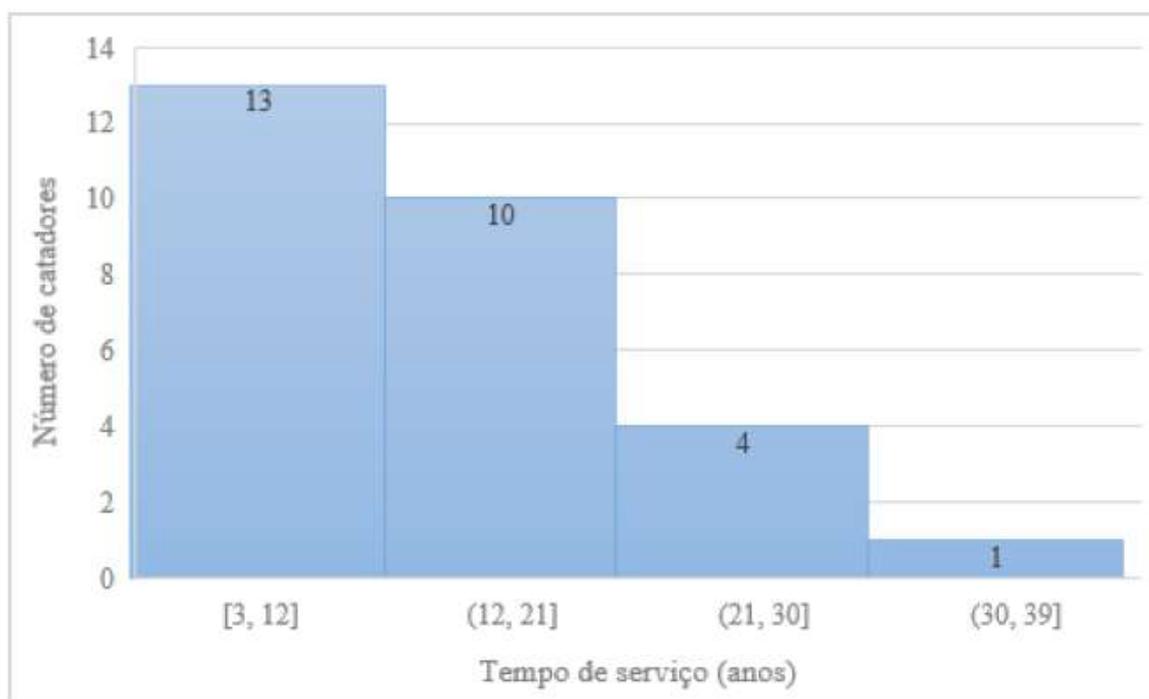


Gráfico 4. Tempo de Serviço entre lixão ao aterro sanitário

Fonte: Elaborado pelos autores

Dos 28 entrevistados obteve-se mais 120 pessoas sendo seus dependentes indiretos, assim relacionando a importância do trabalho de reciclagem dentro do aterro na subsistência humana (Gráfico 4).

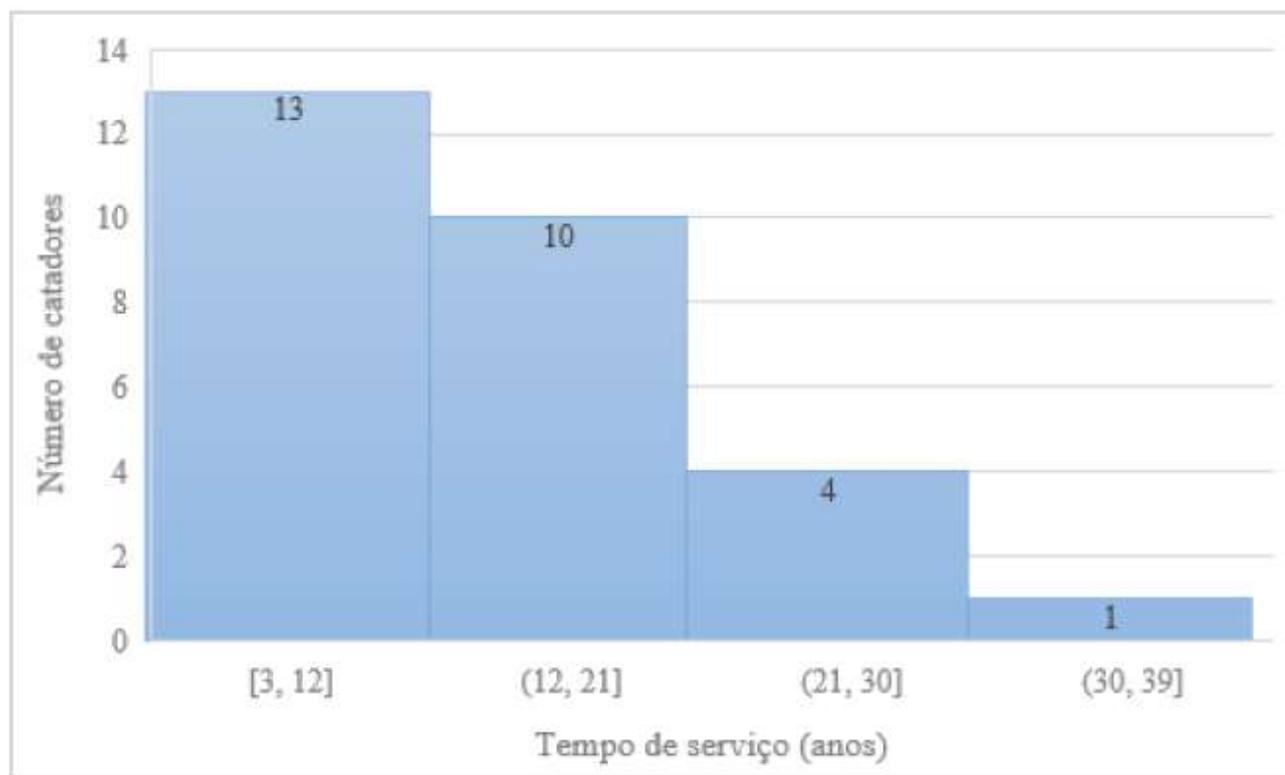


Gráfico 4. Dependentes dos catadores

Fonte: Elaborado pelos autores

Entende-se que a situação encontrada, exige o desenvolvimento de estratégias sanitárias, direcionadas para mitigação na gestão dos resíduos sólidos, que o trabalho insalubre na separação dentro do aterro sanitário de Macapá atende indiretamente mais de 120 pessoas. Evidenciando a necessidade de complementar a renda familiar com benefícios sociais ou trabalhos extras, assim como, os resíduos sólidos coletados na rua não são contabilizados deixando de contribuir com o PIB.

No que se refere à separação manual realizada pelos catadores dentro do aterro sanitário, demonstra-se a possibilidade de implantação de uma usina de reciclagem, onde após uma breve explanação sobre o tema 68% dos entrevistados apresentaram-se favoráveis à implantação da usina que “é uma oportunidade de mudar”, destaca a presidente da ACAM Darcy Sena Correia.

O que tange ao desenvolvimento da coleta seletiva segundo Melo et al., (2020) requer políticas públicas efetivas, que possibilitem a inserção destes programas nos sistemas de limpeza pública dos municípios.

Também demanda o reconhecimento das instituições públicas privada e organizações de catadores na condição de protagonistas da gestão integrada e compartilhada de resíduos sólidos, assim como a inserção dos atores; empresários, seus funcionários, estudantes, catadores autônomos; aos programas, investimentos públicos e privados em programas de fortalecimento institucional para gerar mais postos de trabalho e renda [...]"

Outra observância foi o tempo de serviço longo, onde identificou-se catadores com 39 anos exercendo essa atividade desde do lixão, com uma renda variável de R\$ 250,00 à R\$ 1000,00 ao mês onde fica a sugestão de um estudo mais aprofundado sobre sua permanência nesse processo de reciclagem.

Diante do exposto a proposta baseia-se na necessidade de elaboração do PMGIRS, onde pode-se afirmar que a atual forma de gerenciamento dos RSUs do município, tem ocasionados impactos ambientais, no entanto, não pode ser afirmado o nível de impacto, havendo necessidade de realizar estudos específicos para este fim.

De acordo com o Planares (2020 p.52) os Planos de Gestão de Resíduos Sólidos são instrumentos da PNRS (art. 14) e têm como principal objetivo subsidiar o planejamento e a gestão de resíduos sólidos em todas as esferas de governo e setor produtivo. Atualmente existem 18 planos de gestão de resíduos sólidos concluídos nas unidades federativas (UF) e apenas o Amapá, Paraíba, Piauí e Roraima ainda não elaboraram seus PERS (15%).

Complementar aos PGRS tem-se a atuação de uma conscientização sobre a Gestão de Resíduos Sólidos, por meio da Educação ambiental, de forma a atuar frente ao descarte incorreto, uma vez os resíduos sólidos contribuem para a economia brasileira. Assim como, um olhar humanizado aos catadores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O descarte de Resíduos Sólidos Urbanos na maioria dos municípios brasileiros é realizado de forma imprópria, envolvendo diversas condições degradantes como a falta de cidadania, queixas ligadas a saúde, foco de vetores de doenças, pobreza e desmoraamentos. Mesmo que, as empresas de coleta atendam praticamente a totalidade da área urbana, é comum encontrar resíduos domésticos depositados em locais inadequados em vários pontos periféricos da cidade, causando consequências à saúde, desvalorização de imóveis, desconforto à população do entorno e poluição da água, ar e solo (SILVA & LIPORONE, 2011).

Consideramos a problemática da cidade de Macapá como dos demais municípios do país ainda na insipiência na gestão dos RSUs. Desta forma, entendemos que a atual forma de gerenciamento dos RSUs do município, tem ocasionados impactos ambientais, no entanto, não pode ser afirmado o nível de impacto, havendo necessidade de realizar estudos específicos para este fim.

Destacamos que embora o questionário elaborado tenha sido um instrumento na sua maioria de abordagem quantitativa, ele continha questões abertas para uma avaliação qualitativa, isso possibilitou identificar: os motivos que levam as pessoas a fazerem, ou não a reciclagem, o desenvolvimento da coleta seletiva e a implantação de uma usina de reciclagem.

Mediante este fato, cabe ressaltar, que dos 28 catadores entrevistados 82% são favoráveis na implantação da coleta seletiva e no quesito para implantação da usina de reciclagem 64% apoiam a instalação, estes percentuais demonstram o anseio supremo de quem convive com a dificuldade de separar os resíduos e que são esquecidos pelo poder público.

Outra observação a ser feita, trata na elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos em consonância com a Lei 12.305/10 propicia a gestão dos RS adequado, possibilita o acesso a recursos da União é uma condição fundamental a ser implementada pelo município de Macapá, considerando dentre outros aspectos a necessidade de execução de coleta seletiva com a participação de catadores como uma forma de desenvolvimento sustentável e inclusão social.

Finalmente, evidencia-se a reformulação educacional da população baseada no consumo consciente, faz-se necessária. Além disso, é imprescindível a criação de leis e projetos pautados na sustentabilidade ambiental. Para atender essas demandas, o governo precisa intervir com ações voltadas a coletas seletivas em cada município e centros de reciclagem no Estado para não só facilitar o acesso a esse tipo de serviço, e sim, aproximar essa prática no cotidiano da população; incentivos fiscais para empresas que adotarem este processo e desenvolverem a logística reversa, a coleta seletiva e projetos ambientais.

REFERÊNCIAS

- AGENDA 21. 1997. Conferência das Nações Unidas sobre meio Ambiente e desenvolvimento. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente.
- BESEN, G.R; Ribeiro, W.M.R.G.H; JACOBI, P.R & DIAS, S.M. 2017. Gestão da coleta seletiva e de organizações de catadores: indicadores e índices de sustentabilidade. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP.
- BRASIL. (2010c) *Lei nº 12.305*, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF.
- BRASIL. 2007. Lei nº 11. 445, de 05 de janeiro de 2 007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, Acesso em agosto 2020.
- BRASIL. 2020. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, Acesso em: 3 ago. 2020.
- BRINGHENTI, Jacqueline R.; GÜNTHER, Wanda M. Risso. Participação social em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. Eng. Sanit. Ambient. vol.16 no.4 Rio de Janeiro Oct./Dec. 2011.
- BUTTENDORF, A.L. Plano de gerenciamento Integrado dos Resíduos sólidos para o município de Balneário Piçarras (SC) -projeto preliminar para um programa de coleta seletiva. 2011.
- CONSUMERS INTERNATIONAL. Consumo Sustentável: Programa das Nações Unidas para desenvolvimento. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente.
- COOPER, T. 2005. Slower Consumption Reflections on Product Life Spans and the “Throwaway Society”. Journal of Industrial Ecology. 9. 51 - 67. DOI: 10.1162/1088198054084671.
- DONAIRE D. Gestão ambiental na empresa. São Paulo, SP. Ed. Atlas, 1995.
- FERREIRA, J. A.; ANJOS, L. A. 2001. Aspectos de Saúde Coletiva e Ocupacional Associados à Gestão de Resíduos Sólidos Municipais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Cad. Saúde Pública, v. 17, n. 3, Rio de Janeiro May/June.
- FONTÃO, S.S; OLIVEIRA, L.P.F. 2020. A importância da associação de catadores de materiais recicláveis: o contexto social dos catadores. Educação Ambiental em Ação, v. 19, n. 72.
- GARCIA, M.G. Logística reversa: uma alternativa para reduzir custos e criar valor. XIII SIMPEP, Bauru, SP, nov. 2006. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/1146.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2012.
- GODECKE, M.V; NAIME, R.H; FIGUEIREDO, J.A.S. O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. Revista Eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental, v. 8, n. 8, p. 1700-1712, 2012.
- GOMES E CARVALHO, Julia Maria, vida e lixo: A situação de fragilidade dos catadores de material reciclável e os limites de reciclagem, 2005. Disponível em

<<http://www.estudosdotrabalho.org/anais6seminariodotrabalho/juliamariagomesscarvalho.pf>>. Acesso em 08 de junho de 2020.

GRISA, D.C; CAPANEMA, L.X.L. 2018. Resíduos sólidos. P. 415-438. Disponível em:< https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16284/1/PRCapLiv214209_residuos%20solidos_compl_P.pdf. Acesso maio 2021.

HARLOW, J.; GOLUB, A.; ALLENBY, B. A review of utopian themes in sustainable development discourse. *Sustainable Development*, v. 21, n. 4, p. 270-80, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. CIDADES. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio>. Acesso novembro 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Produto Interno Bruto. PIB. 2020b. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>. Acesso novembro 2020.

G1/AP. 2017. Aterro sanitário de Macapá passará a receber resíduos de Santana e Mazagão. Disponível em:< <https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/aterro-sanitario-de-macapa-passara-a-receber-residuos-de-santana-e-mazagao.ghtml>. acesso maio 2021.

JACOBI, P.R; BESEN, G.R. 2011. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. *Estudos avançados*, v. 25, n. 71, p. 135-158.

MACAPÁ. 2004. Prefeitura Municipal de Macapá. Plano diretor de desenvolvimento urbano e Ambiental de Macapá. SEMPLA, IBAM. Disponível em:< <https://www.cauap.gov.br/?p=6244>. Acesso maio de 2021.

MACAPÁ. 2008. Lei complementar nº054/2008. Institui o código de limpeza pública e resíduos de serviços de saúde-RSS.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. 2009. Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. São Paulo: Atlas.

MELO, L. P; COELHO, J.G.M; CASTRO J.H.P. 2020. Gestão ambiental: a importância da reciclagem de resíduos sólidos na formação acadêmica de alunos do nível técnico do IFAP. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 10, p. 76275-76285, 2020.

NOVAKOWSKI, G.A.B., BALSÍ, R.T. 2020. Associações de catadores de chapecó: a importância da representação destes atores no fórum de resíduos sólidos de chapecó—FRSC. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 53572-53580.

PENHA, E.C.M; GEMAQUE, T.D & FILHO, H.S. 2019. O uso de ortoimagem na análise do processo de destinação final de resíduos sólidos do município de macapá: infraestrutura e operações do aterro sanitário. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. ISBN: 978-85-17-00097-3. INPE-Santos-SP, Brasil.

PLANARES. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. 2020. Disponível em:

< <http://consultaspublicas.mma.gov.br/planares/wp-content/uploads/2020/07/Plano-Nacional-de-Res%C3%ADuos-S%C3%B3lidos-Consulta-P%C3%ABlica.pdf>. Acesso maio 2021.

SANTOS, G.M. 2020. ECONOMIA CIRCULAR COMO POLÍTICA GOVERNAMENTAL DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: Implicações de sua Implementação no Brasil. Episteme Transversalis, [S.l.], v. 10, n. 1, abr. ISSN 2236-2649.

SANTOS, I; FERREIRA, R; COROA, B; NUNES, R. 2019. Mazagão: um município Amazônico doente. IBEAS. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2º ConReSol. 2º congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade.

SEZUR. Secretaria da Zeladoria Urbana de Macapá. 2020. Disponível em:

< <https://macapa.ap.gov.br/coronavirus/tipo/portarias/secretaria-municipal-de-zeladoria-urbana/>. Acesso maio 2021.

SILVA, C.L; FUGII, G.M; SANTOYO, A.H; BASSI, N.S & VASCONCELOS, M.C. 2014. Gestão de resíduos sólidos urbanos em capitais brasileiras alternativas para um modelo de gestão. Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online), n. 33, p. 118-132.

SILVA, M.N.; SIQUEIRA, V.L. 2017. Riscos ocupacionais de catadores de materiais recicláveis: ações em saúde e segurança do trabalho. Revista Osvaldo Cruz, v. 16, p. 1-10.

SILVA, C.B; LIPORONE, F. 2019. Deposição Irregular de Resíduos Sólidos Domésticos em Uberlândia: Algumas Considerações. Revista Eletrônica de Geografia, Uberlândia. Vol.2, n.6, p.22-35, abr. 2011.

SOUSA, R.S.M; GAIA, D.S; RANGEL, L.S. 2010. Geração de energia através do lixo. Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, v. 1, 2010. Disponível em:

<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/1849/1027>>.

Acesso em: maio 2021.

SOUZA, M.T.S; PAULA, M.B; SOUZA-PINTO, H. 2012. O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo. Revista de Administração de Empresas, v. 52, n. 2, p. 246-262, 2012.

Capítulo 9



10.37423/210504042

QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL DE ENGENHEIROS PARA O ENSINO TÉCNICO NA ÁREA DE MECÂNICA

Julio Cezar Barcellos da Silva

Instituto Federal de Santa Catarina



Resumo: Este artigo sugere algumas ações necessárias para que profissionais engenheiros, que ingressam na carreira docente do ensino técnico de nível médio na Rede Federal de Educação Científica e Tecnológica, possam dispor de uma qualificação específica. Essa qualificação complementaria as competências técnicas mínimas indispensáveis para a condução de unidades curriculares que possuam atividades práticas em laboratório. São apresentados os fatores que justificam a necessidade dessas ações, bem como uma proposta básica de implantação para a área de soldagem dos cursos técnicos da rede. São listados também os possíveis benefícios a serem gerados com a implantação da proposta.

Palavras-chave: Ensino, Formação Profissional, Soldagem.

1 INTRODUÇÃO

Há um pensamento comum entre engenheiros no sentido de tratar todos os conhecimentos formadores do nível técnico como um mero subconjunto dos conhecimentos formadores das suas graduações. Segundo este pensamento o engenheiro conheceria, ou deveria ter conhecimento, de tudo aquilo que o técnico de nível médio sabe ou que deveria saber e, por conseqüência, ambos estariam diferenciados apenas pela extensão de seus saberes. Muitos engenheiros afirmam também que seus conhecimentos são maiores não apenas em extensão, mas também em profundidade, afirmação esta que leva a confirmar a tese de que o conhecimento do técnico seria um subgrupo do conhecimento do engenheiro.

Embora seja clara e inquestionável a extensão maior dos conhecimentos abordados em um curso de engenharia, torna-se necessária uma abordagem mais detalhada sobre essa questão. Uma abordagem que permita considerar o conhecimento não apenas no seu sentido geral e que avance para além de uma simples comparação quantitativa entre cargas horárias.

Este artigo delimita-se naquilo que o técnico deveria saber no momento da conclusão do curso e, portanto, questiona: “- Aquilo que o engenheiro sabe ao final de sua graduação, é o suficiente e necessário para atuar na formação de técnicos de nível médio?” Este questionamento exclui os conhecimentos relativos à formação pedagógica que, como se sabe, atualmente não fazem parte da formação dos engenheiros, e que são muito importantes para a atuação na área de educação, devendo ser uma preocupação das instituições que necessitam de professores com formação em engenharia. Esta discussão, no entanto, está fora do propósito deste trabalho.

2 PROBLEMATIZAÇÃO

Uma primeira análise feita através dos conteúdos tratados de maneira geral permite uma resposta positiva para a questão central deste trabalho. As áreas de usinagem, desenho técnico, processos de fabricação, materiais, entre outras, são elementos comuns entre os dois níveis de formação. Não haveria nada de desconhecido para o engenheiro no momento que fosse atuar no ensino técnico de nível médio, uma vez que já teria passado pela formação necessária em cada um destes assuntos ao longo de sua graduação.

Uma segunda análise, através de outra abordagem, merece ser feita, pois há indícios que a atuação inicial de engenheiros, que passam a atuar no ensino técnico, parece não ser assim tão tranqüila e ausente de novas exigências. Nesta nova abordagem é necessário separar o conceito de conhecimento

em três grupos de elementos muito empregados atualmente no âmbito da educação profissionalizante: as competências, as habilidades e os valores.

Talvez para os engenheiros (e talvez até mesmo para qualquer outro profissional) seja indispensável um olhar cuidadoso sobre o que se espera dos futuros técnicos em cada um destes grupos de elementos. Talvez os aspectos técnicos mais carentes de atenção encontrem-se dispersos na, nem sempre tão exata descrição das “habilidades requeridas”. As diferenças, principalmente no aspecto de atividades práticas, podem estar aqui.

Como exemplo pode-se analisar o assunto usinagem. Ambos profissionais devem ter conhecimento a respeito deste tema. No entanto, não se espera que o conhecimento do técnico seja apenas um resumo dos conhecimentos que o engenheiro teve contato. Surge aqui uma diferença que pode existir e que está relacionada às habilidades. Por exemplo, na questão do estudo de máquinas-ferramentas, não se espera que o engenheiro tenha qualquer tipo de habilidade para operá-las, pois é possível avançar profundamente em assuntos referentes às mesmas sem, no entanto, dedicar horas de treinamento com detalhes referentes à execução de comandos de operação. Já para o técnico, estes detalhes referentes à operação participam da formação de muitas das habilidades requeridas. Mesmo que estas habilidades não sejam maiores que a de alguém que tenha formação como operador do equipamento, elas certamente devem ser maiores do que aquelas que se espera de um engenheiro.

O exemplo descrito apresenta uma situação em que determinadas habilidades apresentam um nível de exigência maior na formação do técnico do que na formação do engenheiro. Assim como esta, muitas outras situações podem ser encontradas, tanto na área de usinagem, como nas áreas de soldagem, desenho, pneumática e outras.

Um aspecto importante de se notar é o caráter sempre prático destas situações. Isto leva a perceber que, em termos de atividades de ensino práticas (diretamente relacionadas a determinadas habilidades), há um nível maior de exigência em determinadas habilidades requeridas na formação do técnico. Já para as atividades tipicamente teóricas, a ideia inicial apresentada de subconjunto, parece razoável, uma vez que o ensino técnico perpassa por boa parte dos assuntos tratados em um curso de graduação (comparando-se apenas a etapa de formação profissional) diferenciando-se na quantidade de tempo dedicado aos assuntos e apresentando variações de profundidade no tratamento dos mesmos.

Quando o engenheiro, iniciante nas atividades de ensino no nível técnico, se depara com atividades de caráter prático em determinadas áreas da Mecânica, o que realmente acontece é a exigência de

que o profissional auxilie futuros técnicos a desenvolverem habilidades que ele mesmo não adquiriu em sua formação anterior. Sendo assim, o professor-engenheiro não teria a competência plena para o ensino, o que lhe geraria uma série de dificuldades para atingir os objetivos educacionais apresentados pelas instituições de ensino. Sua ação estaria prejudicada, pois “a segurança com que a autoridade docente se move implica uma outra, a que se funda na sua competência profissional. Nenhuma autoridade docente se exerce ausente desta competência” (FREIRE, 1996). Diante desta situação, ao professor-engenheiro são dadas algumas alternativas: - ele pode ignorar a necessidade de desenvolver esta habilidade (nele e nos alunos) e esquivar-se desta obrigação; - ele pode procurar imediatamente, se houver tempo hábil e alguém disponível, uma forma individual e não formalizada de sanar esta necessidade; - ou ele pode aventurar-se na tentativa de trabalhar esta habilidade em aula sem saber ao certo que tipo de resultado esperar.

Em alguns casos o nível exigido em determinadas habilidades pode ter sido atingido fora do curso de engenharia. Mas estes casos são exceções que nada tem a ver com a formação oferecida na graduação e são situações que não devem ser tomadas como regra para o universo de engenheiros que ingressam na carreira docente no ensino profissionalizante.

Para solucionar a questão do nível de exigência em determinadas habilidades do curso técnico é necessária a existência de um plano mínimo de complementação dos saberes profissionais dos engenheiros e de qualquer outro profissional que venha a atuar no ensino técnico.

Em primeiro lugar deve-se identificar em que áreas existem habilidades com níveis de exigência acima do padrão tratado em cursos de engenharia. Logo após, deve-se listar atividades a serem executadas de forma didaticamente organizada para que o professor possa vivenciá-las antes do contato com os alunos.

A ideia principal desta proposta é sugerir atividades que permitam ao professor iniciante passar pela mesma situação que seus alunos enfrentarão, para que possa compreender melhor os pontos críticos da atividade e para adquirir o “saber-fazer” exigido por estas situações.

Como exemplo para ilustrar esta proposta será tomado a situação do ensino de soldagem tendo como referência o atual plano do Curso Técnico em Mecânica do campus Chapecó, elaborado no ano de 2009 e em aplicação atualmente. Neste plano a unidade didática que trata sobre este assunto possui 120 horas-aula (IFSC, 2008) e está distribuída em dois grupos de atividades. O primeiro grupo é formado pelas atividades teóricas desenvolvidas em sala de aula e o segundo pelas atividades de caráter prático-experimental desenvolvidas nos laboratórios da área de Mecânica. A carga horária

semanal está dividida entre quatro horas- aula semanais de prática em laboratório e duas horas-aula semanais em sala de aula (IFSC, 2011). Os assuntos abordados em sala de aula são os seguintes: fundamentos da soldagem, processos de soldagem, terminologia da soldagem, simbologia, segurança, fontes para soldagem, fundamentos da metalurgia para soldagem, descontinuidades, normas e qualificação em soldagem, custos na soldagem, ensaios destrutivos e não-destrutivos. Neste ponto percebe-se que não há, nominalmente, nenhuma diferença entre os assuntos tratados normalmente em disciplinas relacionadas à soldagem em cursos de graduação.

As aulas práticas de soldagem em laboratório seguem as atividades descritas na Tabela 1 onde percebe-se que as mesmas não fazem parte necessariamente das atividades práticas de soldagem ministradas em cursos de graduação em Engenharia. O perfil do grupo de professores de Mecânica do campus Chapecó do IFSC permite afirmar que a experiência dos atuais docentes (adquirida antes do início das atividades de ensino) referente a estas atividades provém dos seguintes fatores: - experiência adquirida na realização de cursos técnicos de nível médio; - experiência adquirida no exercício profissional como técnico de nível médio; -

experiência adquirida na participação em atividades de pesquisa, extensão ou monitoria durante a realização de cursos de graduação em engenharia ou graduação tecnológica. No entanto, pelo formato e pelas imposições de ordem legal, os editais para contratação de professores para o ensino profissionalizante geralmente não trazem exigências com relação a este tipo de experiência. Entende-se a pertinência desta situação, pois a questão não é limitar o ingresso na carreira apenas a uma fração de profissionais que eventualmente tenham adquirido estes requisitos, mas sim propiciar oportunidades para todos que decidam prosseguir neste caminho do ensino.

Tabela 1. Atividades Práticas da Unidade Didática de Soldagem do IFSC.

Atividade	Descrição	Duração [Hora-aula]
1	Descrição dos equipamentos e normas de segurança; - Exercício de abertura de arco elétrico	4
2	Execução de cordão de solda com eletrodo revestido sobre chapa de aço-carbono na posição plana.	8
3	Execução de cordão em junta de borda na posição plana pelo processo eletrodo revestido em chapa de aço-carbono.	4
4	Execução de cordão em junta de topo (chanfro I e chanfro V) na posição plana pelo processo eletrodo revestido em chapa de aço-carbono.	4
5	Executar cordão pelo processo eletrodo revestido em junta de topo (chanfro em I) na posição horizontal em chapa de aço-carbono.	4
6	Executar cordão pelo processo eletrodo revestido em junta de topo (chanfro em V) na posição vertical ascendente em chapa de aço-carbono.	4
7	Executar cordão pelo processo MIG/MAG em junta sobreposta na posição plana em chapa de aço-carbono	4
8	Executar cordão pelo processo MIG/MAG em junta em ângulo na posição plana em chapa de aço-carbono	4
9	Executar cordão pelo processo TIG em junta de topo na posição plana em chapa de alumínio sem metal de adição.	4
10	Executar cordão pelo processo TIG em junta de topo na posição plana em chapa de alumínio com metal de adição.	4
11	Executar cordão pelo processo TIG em junta de topo na posição plana em chapa de aço inoxidável sem metal de adição.	4
12	Executar soldagem oxi-acetilênica em junta de topo na posição plana em chapa de aço carbono.	4
13	Executar brasagem em junção de tubos de cobre.	4
14	Executar corte de chapa de aço pelo processo oxi-acetilênico	4
15	Realizar análises macrográfica e micográfica de juntas soldadas	8
16	Executar cordão pelo processo eletrodo revestido em junta de topo na posição sobrecabeça em chapa de aço inoxidável	4

Não há nenhum tipo de preparação específica oferecida ao professor iniciante para que este conduza as atividades em laboratório listadas na Tabela 1. Parece haver uma aceitação tácita de que o candidato aprovado está pronto para atuar no ensino de nível técnico, uma vez que possui, no mínimo, a graduação na área requisitada. Em nenhum momento são consideradas as diferentes habilidades exigidas entre formação de nível médio e formação de nível superior.

Esta situação não poderia ser solucionada apenas alterando-se os requisitos dos editais de concursos para professores da Rede Federal através da inserção da exigência de conhecimentos práticos, pois isto geraria uma restrição muito grande no universo dos candidatos chegando até mesmo a inviabilizar muitas contratações. Além disso, haveria uma gama muito ampla de possíveis experiências vivenciadas em diferentes contextos que, mesmo atendendo aos requisitos do edital, poderiam não ser as mais apropriadas ao ensino. A solução passa, portanto, pela oferta, após a posse do engenheiro ou tecnólogo no cargo de professor, de uma formação complementar que permita ao mesmo adquirir

as condições mínimas para o exercício de sua nova função, tornando sua atuação menos dependente da existência, ou não, de experiências prévias nas atividades práticas em questão.

3 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para ilustrar a questão abordada neste trabalho foi realizada uma breve pesquisa sobre este tema com um grupo de grupo de cinco professores da área de Mecânica do campus Chapecó do IFSC. Esta área atende os cursos técnicos de Mecânica e Eletromecânica e o curso de graduação em Engenharia de Automação e Controle. A área é composta atualmente por nove professores. A pesquisa foi realizada através de entrevistas orientadas e diretas com os professores com o objetivo de verificar a situação dos mesmos em relação à questão dos conhecimentos referentes às atividades práticas requisitadas no Curso Técnico em Mecânica.

Os cinco professores entrevistados lecionam, ou já lecionaram, em unidades didáticas que exigem a condução de atividades práticas em laboratório, conforme orientado pelo plano de curso. As áreas de concentração destas unidades são as seguintes: hidráulica e pneumática, acionamentos, usinagem e soldagem. Também foi citada a unidade denominada “Prática Mecânica” que consiste no aprendizado de operações mecânicas de execução manual e operações de caldeiraria leve (traçagem, corte, dobra e rebitagem). Apenas dois professores afirmaram que, durante suas formações, passaram por operações semelhantes àquelas exigidas nas unidades que conduzem. Um deles teve esta experiência em um curso técnico e o outro na sua graduação em Engenharia Mecânica. Dois outros professores afirmaram que executaram estas operações apenas parcialmente durante a graduação em Engenharia Mecânica. Um professor afirmou que não passou por nenhuma destas operações durante a graduação nesta mesma modalidade da engenharia.

A forma de aquisição de experiência das operações práticas pelos professores foi questionada e revelou que quatro dos cinco entrevistados executaram as operações práticas com auxílio de outro colega (técnico ou professor). Um destes quatro professores afirmou também que executou algumas atividades sem qualquer orientação por parte de colegas. Dos cinco professores entrevistados, dois relataram que haviam executado as atividades práticas em locais de atuação profissional fora do IFSC.

Do grupo entrevistado, três professores afirmaram que não receberam nenhum treinamento formal sobre as atividades práticas desde o ingresso na instituição. Outros dois professores afirmaram que receberam parcialmente o treinamento, ou seja, receberam orientações apenas sobre uma parcela das atividades. O grupo na sua totalidade manifestou-se a favor da existência de um treinamento

prévio dos professores logo após sua chegada à instituição e antes do início de suas atividades efetivas com os estudantes em laboratório. Três professores entendem que o treinamento deva ter caráter obrigatório, enquanto que dois acreditam que o treinamento deva ser opcional, pois deve ser considerado o fato de determinados profissionais já possuírem a experiência nas atividades em questão no momento do ingresso na instituição de ensino.

Das informações coletadas junto ao grupo de professores pesquisados percebe-se que, pelo menos para este grupo não houve nenhuma ação sistemática de preparação para a condução de aulas práticas em laboratório. Esta situação não é uma particularidade restrita a esta amostra, sendo encontrada com frequência em toda Rede Federal de Educação Científica e Tecnológica, tornando-se mais crítica nos últimos anos devido à expansão da rede e à contratação de um número considerável de novos professores para atendimento da demanda gerada pelas novas unidades. A situação do grupo demonstra que a preparação para atuação não tem sido uma preocupação prioritária, o que demonstra que a gestão do sistema de ensino considera os engenheiros recém-chegados aos Institutos Federais e demais instituições da Rede, prontos para a condução de qualquer tipo de atividade de ensino.

4 PROPOSTA DE SOLUÇÃO

A proposta deste trabalho é sugerir uma sistemática inicial para que ocorra uma preparação específica dos professores iniciantes para que estes recebam uma formação adequada às habilidades requeridas nos cursos técnicos. A ideia central é a execução com acompanhamento orientado de operações idênticas àquela que os estudantes deverão executar em laboratório. Seria o momento para desenvolver habilidades, verificar dificuldades de execução, questionar procedimentos, verificar recursos e adquirir uma visão ampliada da operação no contexto geral da formação técnica.

Para a implantação da sistemática deve haver uma mobilização de gestão referente a três aspectos: seleção das áreas a serem atendidas pelos treinamentos, seleção dos locais para realização dos treinamentos e seleção de instrutores.

Para a implantação da proposta deve ser realizado um trabalho de identificação das áreas de cada curso que exijam atividades práticas em laboratório (verificando-se a exigência de habilidades próprias da formação técnica de nível médio). Este trabalho poderia ser revisto constantemente ao longo do tempo para manter um caráter dinâmico e atual das operações especificadas para cada área. Por exemplo, em um curso técnico em Mecânica as áreas poderiam ser: 1. Operações mecânicas manuais,

2. Usinagem, 3. Hidráulica e pneumática, 4. Acionamentos eletromecânicos e 5. Soldagem. Diferentes cursos técnicos poderiam compartilhar áreas de treinamento, como por exemplo, a área de eletrotécnica, que poderia ser compartilhada por cursos técnicos em Mecânica, Eletromecânica e Eletrotécnica.

Os locais de treinamento poderiam ser especificados conforme a capacidade e o eixo de atuação das diferentes instituições da Rede Federal de ensino profissionalizante. Haveriam desta forma pólos especializados na oferta de determinados treinamentos em áreas específicas, selecionados conforme a disponibilidade de infraestrutura e disponibilidade de pessoal capacitado para a condução do treinamento. Diferentemente de outras instituições da administração pública que possuem locais de formação centralizados e específicos (tais como: Academia de Polícia Federal, Escola Nacional de Administração Fazendária, etc.), a formação de instrutores seria descentralizada por todos os Institutos Federais, possuindo locais específicos para cada área onde seriam realizados, conforme demanda, os cursos de treinamento para grupos de professores designados especificamente para a área em questão. Assim teríamos, por exemplo, um determinado Instituto Federal apto a formar instrutores em usinagem, enquanto outro poderia, da mesma forma, estar apto a formar instrutores de soldagem.

Um dos fatores fundamentais da implantação desta proposta seria a preparação de instrutores para a condução dos treinamentos. Além de possuírem as habilidades requeridas em cada área (habilidades que serão exigidas na formação dos estudantes de nível técnico), os instrutores terão a responsabilidade de destacar durante o treinamento todos os itens importantes relativos ao processo de ensino das operações específicas de cada área. Seriam estes instrutores responsáveis pela avaliação de possíveis alterações na programação de operações definidas para cada área.

A título de exemplo, a área de soldagem poderia vir a ter um centro de formação de instrutores para a Rede Federal de ensino profissionalizante. Este pólo formador teria a infraestrutura necessária para atender simultaneamente um número determinado de alunos-instrutores (professores recém-ingressados e possuidores de graduação em Engenharia). O suporte necessário seria determinado basicamente pela lista de operações a serem executadas. No caso específico de soldagem, por exemplo, as operações poderiam ser aquelas já apresentadas na Tabela 1. Em um determinado momento seriam selecionados os professores que participariam do treinamento. Este grupo de professores seria deslocado para o local do pólo e receberia o treinamento de maneira intensiva. É importante observar a pertinência de o instrutor atuar também nas atividades normais de ensino nos

cursos técnicos, para mantê-lo próximo das atividades de ensino em condições reais. Os instrutores deveriam ter competência para conduzir o treinamento com forte orientação no desenvolvimento de habilidades práticas.

5 CONCLUSÃO

A proposta apresentada traria uma série de benefícios para a Rede Federal de Educação Científica e Tecnológica. O primeiro deles seria a profissionalização do próprio processo de formação de professores, pois, além das questões didático-pedagógicas, seriam atendidas também questões de caráter técnico com reflexo direto na qualidade da formação dos técnicos de nível médio. O estabelecimento de pólos para a formação de instrutores em áreas específicas facilitaria o surgimento de novos centros de excelência devido à concentração de pessoal com qualificações afins e também devido à concentração de recursos físicos específicos de determinada área, beneficiando diretamente as atividades de ensino regular, pesquisa e extensão da instituição onde os pólos estão instalados. Outro benefício importante seria a contribuição na organização no sistema de capacitação docente com a possibilidade de elaboração de um plano de caráter geral para atendimento às atividades de ensino, podendo gerar um banco de dados com informações de disponibilidade de instrutores em diferentes unidades, dando ao sistema de gestão maior flexibilidade em caso de situações que exijam transferências e deslocamentos para o atendimento de demandas específicas. A estrutura para a capacitação docente seria, então, organizada em rede e aconteceria nas diversas unidades do sistema. Além destes benefícios citados deve-se considerar o ganho na formação continuada dos engenheiros que optaram por seguir a carreira do magistério, neste caso o magistério no ensino profissionalizante. Esta proposta traria mais um componente de qualificação a ser ofertado para aqueles que optaram por esta carreira tão importante, tornando-a ainda mais atrativa e profissionalizada, de forma a se tornar uma opção consolidada, entre tantas que se apresentam para os novos engenheiros.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FREIRE, Paulo. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática da autonomia.

São Paulo: Paz e Terra, 1996.

IFSC. Plano de Curso do Curso Técnico em Mecânica. Chapecó: IFSC, 2008.

IFSC. Plano de Ensino da Unidade Didática de Soldagem do Curso Técnico em Mecânica. Chapecó: IFSC, 2011.

Capítulo 10



10.37423/210504063

GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM EMPREENDIMENTOS DE MÉDIO E GRANDE PORTE NA CIDADE DE VITÓRIA DA CONQUISTA - BAHIA

Gislane Nunes de Andrade

Instituto Federal da Bahia



1. Resumo: Localizada na região sudoeste da Bahia, onde as reservas hídricas são escassas, a cidade de Vitória da Conquista enfrenta problemas com o racionamento de água desde 2012 e, concomitantemente com a construção de novos reservatórios, a gestão racional dos recursos hídricos surge como um instrumento fundamental para que a água seja utilizada da melhor forma, com o aproveitamento de água pluvial, o reuso de água residuária e a conscientização dos consumidores. O presente estudo objetivou avaliar a atual situação da gestão de recursos hídricos em empreendimentos de médio e grande porte no município de Vitória da Conquista-BA, identificando as deficiências do atual sistema para que sejam propostas novas técnicas e tecnologias de captação e reuso de água como medida corretiva. A metodologia adotada partiu de uma pesquisa bibliográfica sobre o tema e culminou com a aplicação de questionários nas empresas, sempre tendo como elemento norteador o texto constitucional da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Os resultados da pesquisa permitiram verificar a multidimensionalidade da crise hídrica e o nível atual da gestão hídrica nos empreendimentos de médio e grande porte, com destaque para a questão da fonte utilizada, consumo, tipo de descarga, o aproveitamento de água pluvial, o reuso de água residuária e a conscientização dos consumidores.

2. INTRODUÇÃO/OBJETIVO

A escassez hídrica é um problema presente em quase todas as partes do globo terrestre. No Brasil, casos como o da cidade de São Paulo em 2014 e do Planalto Central em 2016 tomaram grande notoriedade. No entanto a cidade de Vitória da Conquista, localizada na região sudoeste da Bahia também passa por grave crise hídrica, enfrentando um pesado racionamento em 2012 e 2016/2017.

Essa problemática resulta do descompasso entre o aumento contínuo das demandas localizadas e a oferta real de água, situação consequente da forma desordenada com que os processos de urbanização, industrialização e expansão agrícola ocorreram a partir da década de 1950 (EMBRAPA, 2001). Aliado a isso, há, realmente, o componente climático, em que as chuvas estiveram abaixo da média, mas, sobretudo, ocorrem problemas de gestão em que o Estado, em seus diferentes níveis, não faz bem o seu planejamento estratégico para atuar na prevenção e defesa dos eventos críticos.

Segundo a Agência Nacional de Águas (2010), 55% dos municípios brasileiros poderiam ter abastecimento deficitário até o ano 2015. A partir de um balanço de oferta e demanda, observou-se que 46% das sedes urbanas necessitam investimentos para soluções de problemas em seus sistemas produtores e 9% apresentam déficits decorrentes dos mananciais utilizados. As regiões Norte e Nordeste são as que possuem os maiores problemas nos sistemas produtores de água (mais de 59% da rede urbana). A região Nordeste também se destaca com os maiores problemas de mananciais, principalmente, devido à escassez hídrica da sua porção semiárida. Nessa região, embora o número de sedes urbanas com sistemas de abastecimento de água em situação satisfatória até 2015 fosse de 26% do total, apenas 18% da população era atendida por esses sistemas, sendo necessários investimentos para solução de problemas de abastecimento a 82% da população.

Aqui em Vitória da Conquista não é diferente. Localizada na região sudoeste da Bahia, a cidade também enfrenta problemas de escassez hídrica e está na lista dos 146 municípios em situação de emergência, segundo o Governo da Bahia, devido à estiagem. Nos últimos quatro anos, o município já foi obrigado a estabelecer um racionamento de água por duas vezes, sendo a primeira em 2012 e a segunda em 2016.

Segundo o gerente do escritório local da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A - EMBASA, Álvaro Aguiar, a barragem de Água Fria II, uma das fontes de abastecimento de água do município de Vitória da Conquista, enfrentou uma queda abrupta do nível d'água neste ano de 2016. O nível de água da barragem atingiu uma cota limite de 61 metros, forçando assim o racionamento hídrico na cidade.

Esse último racionamento foi ocasionado pela redução significativa na vazão do rio Catolé. O rio Catolé, que assegurava o abastecimento do município desde 2014, era responsável por 45% da vazão de alimentação. Entretanto, nos últimos meses, a adução abaixou para 20%, dificultando a manutenção do regimento de abastecimento por parte da EMBASA. Álvaro ainda enfatiza que a solução para contornar a crise de abastecimento de água em Vitória da Conquista seria a construção da barragem do rio Catolé.

Além da escassez hídrica, a cidade de Vitória da Conquista apresenta um sério problema de drenagem urbana. As inundações, principalmente no centro da cidade, são recorrentes. Um dos empecilhos para um adequado dimensionamento do sistema de drenagem é o fato de não haver quantificação da intensidade, duração e frequência das chuvas, o que impossibilita a criação de projetos mais precisos. Há ainda falta de planejamento quanto à expansão urbana e ao uso do solo e a deficiência na rede coletora de esgoto, o que contribui para um estrangulamento de alguns pontos da rede de drenagem já que, muitas vezes, os esgotos domiciliar e comercial são direcionados para as redes de drenagem. A ineficiente coleta de resíduos e o descarte em local impróprio também geram transtornos devido ao entupimento de bueiros (SILVEIRA, 2009).

Diante desse contexto, a gestão de recursos hídricos surge como um instrumento para que a água seja utilizada da melhor forma. Algumas medidas utilizadas podem ser o aproveitamento de água pluvial, o reuso de água residuária e a conscientização dos consumidores.

O aproveitamento de água pluvial tem como principais vantagens a diminuição da demanda por água tratada, uma vez que esta pode ser usada em muitos fins que requerem pouco ou nenhum tratamento, como a limpeza de pisos ou descargas em banheiros, além disso, essa prática pode utilizar a estrutura já existente nas edificações como telhadas e lajes. Como desvantagem tem as variações pluviométricas, a dificuldade apresentada pelo usuário para manutenção do sistema e a necessidade de espaço nas edificações para implantação do sistema (SIMIONI et al, 2004).

Outra medida importante para o gerenciamento dos recursos hídricos é o reuso de águas residuárias. No Brasil o reuso de águas residuárias vem ganhando espaço principalmente nos grandes centros urbanos onde a escassez gera altos investimentos e custos operacionais para que seja realizada a captação e adução de águas às grandes distâncias. A atual crise hídrica enfrentada pelo país levou os usuários e empresas a rever as suas estratégias, com o objetivo de buscar alternativas de captação, tratamento e reciclagem que antes não eram utilizadas.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a atual situação da gestão de recursos hídricos em empreendimentos de médio e grande porte no município de Vitória da Conquista-BA, identificando as deficiências do atual sistema para que sejam propostas novas técnicas e tecnologias de captação e reuso de água como medida corretiva.

3. METODOLOGIA CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O estudo se classifica como qualitativo descritivo, e foi conduzido na forma de um estudo de caso, para o qual foi aplicado um questionário, visando verificar a atual conjuntura da gestão de recursos hídricos no município de Vitória da Conquista.

Baseando-se em Aakear et al (2001), as perguntas do questionário foram elaboradas de modo a contemplar os seguintes aspectos: adequação aos objetivos; clareza da redação; caráter não indutivo e não ambíguo; atendimento a aspectos metodológicos gerais. O questionário foi estruturado com perguntas abertas e de múltipla escolha, seguindo uma ordem lógica de perguntas mais simples a perguntas mais complexas.

Assim, o estudo teve como foco os empreendimentos de médio e grande porte da zona urbana de Vitória da Conquista. Dentre esses, destacam-se: condomínios residenciais, condomínios comerciais (shopping e galerias) e empresas. A escolha foi feita tomando como base a representatividade do empreendimento para o município em termos de localização, número de residentes/trabalhadores e o percentual de área construída (mais que 200m²). Por conseguinte, o questionário foi aplicado em: 1 condomínio residencial, 3 condomínios comerciais (1 shopping e 2 galerias) e 3 empresas.

Após a identificação das práticas de gestão dos recursos hídricos pelos empreendimentos, foi feita uma pesquisa bibliográfica em teses, artigos, livros e periódicos, a fim de identificar as melhores práticas/técnicas ou tecnologias para promover o aperfeiçoamento da gestão dos recursos hídricos.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Vitória da Conquista está localizado no Sudoeste da Bahia. A cidade possui uma área de 3.704 km² e uma população estimada em 343.230 habitantes. Como se trata de uma capital regional, além da população residente, há que se considerar, também, a população flutuante proveniente de toda a região sudoeste que é atraída pelos serviços especializados da cidade, fato que impacta diretamente na gestão dos recursos hídricos. A temperatura média anual para o município é de 20°C com precipitações médias anuais de 712 mm (IBGE, 2010; CLIMATE-DATA, 2015). As “chuvas

de neblina”, como são chamadas, se concentram no período de abril a agosto. Já as “chuvas das águas” (mais intensas e fortes) ficam concentradas de outubro a março. (MEDEIROS, 2012).

Vitória da Conquista apresenta uma atividade rural consolidada e é referência regional nos setores de educação, saúde e comércio. A tendência é se afirmar cada vez mais como um polo importante de serviços rodoviários e como centro universitário e de pesquisas. Ainda em expansão, a “capital do sudoeste baiano” já é considerada uma grande cidade sob diversos aspectos (PEREIRA, 2013).

Com todo esse desenvolvimento, tem se tornado cada vez mais fortes as discussões e análises sobre os problemas de gestão dos recursos hídricos atuais e futuros. Atualmente, é bem notório que o crescimento somado a um conseqüente aumento populacional na cidade é inversamente proporcional ao seu potencial hídrico, ou seja, a quantidade de pessoas que utilizam desse recurso, seja qual for à fonte potável, é cada vez maior em relação ao que a região pode suportar.

A cidade está em uma região planáltica sobre um divisor de águas entre duas bacias: Rio Pardo e Rio de Contas. Além disso, o sistema de barragens (Biquinha, Água Fria e Serra Preta) instalado no município de Barra do Choça (Figura 1), é o principal responsável pelo abastecimento hídrico das cidades de Vitória da Conquista, Barra do Choça, Planalto e Belo Campo e das localidades de Barra Nova, Cafezal, Santo Antônio, Boa Vista, José Gonçalves, São Sebastião, Bate Pé, Pradoso e Iguá. Atualmente, esse sistema tem capacidade para armazenar 11 milhões de metros cúbicos de água, mas esse valor subirá para 35 milhões com a construção da barragem do Catolé Grande, prevista para 2020.

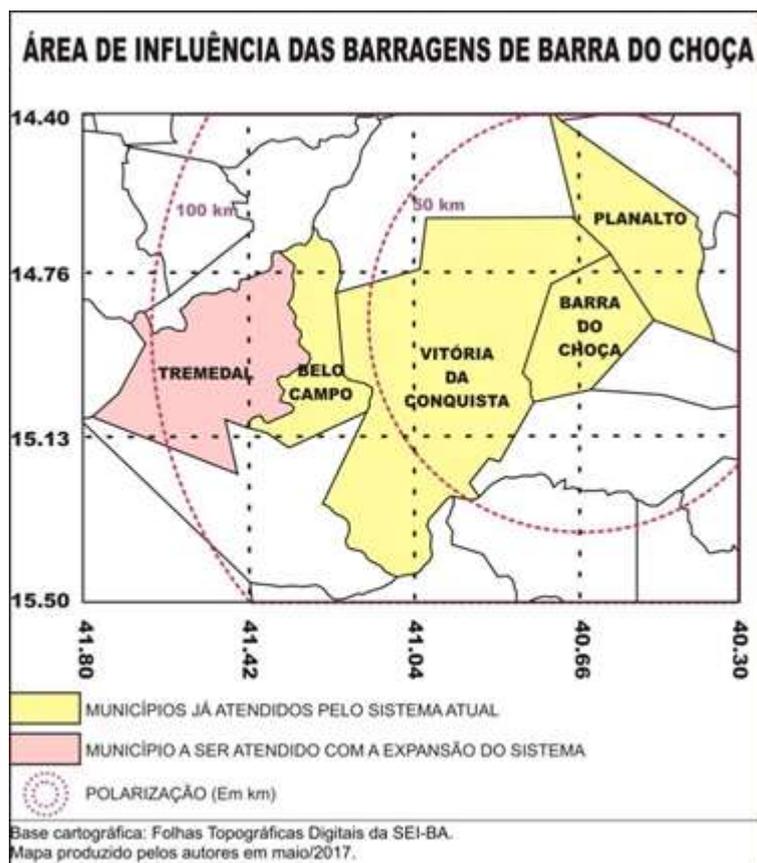


Figura 1- Área de influência do sistema de barragens instalado em Barra do Choça.

As bacias vêm sendo alvo de intensas atividades antrópicas, como salienta OLIVEIRA (2006):

Dentre as atividades antrópicas responsáveis por alterações na bacia de captação das barragens Água Fria I e II, podem ser citadas as queimadas, o desmatamento dos morros e nascentes, a destruição das matas ciliares e o destino irregular do lixo e dejetos. Estas ações têm promovido, ao longo dos anos, o assoreamento e a poluição dos cursos hídricos, o empobrecimento do solo, a aceleração de processos erosivos, o desaparecimento de espécies animais – principalmente da avifauna e ictiofauna, e o empobrecimento relativo da população, dentre outros prejuízos ecológicos e sociais.

O abastecimento de água no município é realizado pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A - EMBASA, desde 1973 (Bonfim et al, 2012), que capta a água bruta, monitora a qualidade da água nas fontes, como nos mananciais, para posterior tratamento e distribuição para as residências. Quando a água é captada de mananciais subterrâneos, ou seja, poços artesianos, a empresa faz somente a parte de desinfecção para depois distribuir (EMBASA 2015).

A segunda maior fonte a que a população recorre para o abastecimento de água são os poços artesianos, principalmente em grandes empresas, prédios comerciais, condomínios, loteamentos e demais setores ocupacionais que utilizam de um grande volume de água.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Numa região em que as reservas hídricas são escassas, onde predominam os climas úmidos a subúmido e subúmido a seco (SEI, 1998), a precipitação pluviométrica é o elemento climático mais importante, uma vez que a água é fundamental para o abastecimento humano, a dessedentação de animais, a manutenção das atividades econômicas de maneira geral, bem como determina a intensidade da vida animal e vegetal (BRASIL, 1981).

Compilando os totais pluviométricos de 1976 a 2016, é possível constatar que, nessa série histórica de 40 anos, apenas em três anos (1997, 2000 e 2004) os totais pluviométricos foram superiores a 1000 mm (Figura 2). Calculando a média aritmética no período 1976/2016, o resultado dá 718,4 mm.



Figura 2 - Vitória da Conquista: Totais pluviométricos anuais - 1976/2016 Fonte: INMET, 2016
(Adaptado).

No entanto, a partir de 2005, os valores sempre estiveram abaixo do esperado, de forma que calculando a média no período 2005/2016, a quantidade de chuvas sofre uma redução de 3,2 % (22,9 mm), saindo de 718,4 mm para 695,5 mm. A variabilidade climática da região apresenta como elemento limitador a escassez de água através de estiagens cíclicas e prolongadas, que impacta diretamente no abastecimento da cidade de Vitória da Conquista, assim como no desenvolvimento e expansão das atividades econômicas, com destaque para as agropecuárias.

A dimensão climática é importante, pois os dados mostram que nos últimos 12 anos as chuvas estiveram abaixo da média, mas isso não explica totalmente a crise hídrica, uma vez que as estiagens fazem parte das características climáticas regionais e essa variabilidade climática deve ser observada pelo Estado na elaboração e execução do seu planejamento estratégico, conforme item III do Artigo 2º da Lei de Águas, que pressupõe a prevenção e a defesa contra eventos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Nesse contexto, somando com a estiagem prolongada, há que se destacar a falha na função de planejamento estratégico do Estado em se antecipar à crise anunciada, uma vez que os dados já apontavam para o crescimento da demanda de água em função do crescimento populacional, industrial e agropecuário. A construção de um novo reservatório de água para abastecimento urbano não deveria ser emergencial, uma vez que são necessários vários anos para construir a barragem e depois ainda é preciso esperar um tempo não determinado para que as precipitações pluviométricas completem o serviço.

Assim, trata-se, também, de um problema de gestão, em que as diversas escalas do poder público falharam no atendimento aos objetivos propostos na Lei de Águas (Lei nº 9.433/1997), notadamente garantir a oferta para os usos múltiplos, sendo que essa tarefa não envolve somente ampliar a captação/oferta de água, mas, sobretudo, fomentar o reuso reduzindo o desperdício pelos diferentes usuários (irrigação, indústria, residências, perdas, etc.) e programar medidas de conservação dos mananciais.

Dentro do objetivo geral desta pesquisa, percebe-se também que essa falha de gestão racional dos recursos hídricos encontra ressonância no setor privado. Considerando o tabelamento e a análise das informações colhidas nesta pesquisa, aborda-se agora a gestão de recursos hídricos em empreendimentos de médio e grande porte em Vitória da Conquista e a discussão sobre o nível de informação dos gestores dos empreendimentos selecionados nesse estudo acerca das legislações vigentes que regem este assunto.

Um dos primeiros pontos analisados foi à fonte de água utilizada. Detectou-se que as principais fontes de água são a concessionária (EMBASA) e os poços artesianos. Alguns dos empreendimentos não possuíam informações concretas sobre o volume mensal gasto de água e os que souberam informar deu uma estimativa de 800 a 900 m³ de água gastos mensalmente. Esse primeiro aspecto evidencia a falta de preocupação dos gestores quanto ao crescente consumo de água e sua possível escassez.

Outro ponto analisado no estudo foi o tipo de descarga utilizada nos empreendimentos, uma vez que, as bacias sanitárias consomem um volume de água considerável em relação ao consumo total de uma edificação. Estima-se que este consumo represente uma parcela na ordem de 30%. Segundo Deboita e Back (2014) as bacias econômicas possuem descarga de duplo acionamento (dual), ou seja, consomem apenas 3 litros de água para remoção de dejetos líquidos e 6,8 litros para remoção de dejetos sólidos e líquidos. Verificou-se, no entanto, que apenas dois dos empreendimentos entrevistados utilizam este tipo de tecnologia. Contudo, estes dois empreendimentos em especial, são

os mais recentes implantados na cidade, o que pode apontar para uma possível popularização desta tecnologia benéfica ao meio ambiente.

Percebeu-se ainda que os empreendimentos da cidade não utilizem sistema de captação de água da chuva, apresentando como justificativa o alto custo do investimento, a facilidade de se usufruir da água proveniente de poços artesianos e o baixo custo para utilização da água fornecida pela concessionária.

Além do reaproveitamento da água da chuva, a utilização de águas cinzas – as águas residuais não industriais e derivadas de processos domésticos – não foi vista entre os empreendedores locais. Esta técnica não vem sendo colocado em prática, pois, novamente, o fator preponderante, segundo os responsáveis pelos empreendimentos, é o alto custo. Todavia, pode-se destacar também a falta de conhecimento dos empreendimentos sobre a utilidade destas tecnologias, assim como aos créditos, descontos e incentivos fiscais oferecidos por grandes bancos para a implantação de sistemas como esses.

5. CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Considerando a situação da cidade de Vitória da Conquista, os resultados desta pesquisa apontaram para um nível incipiente de conhecimento dos responsáveis pelos empreendimentos, com relação às ações sustentáveis de gestão dos recursos hídricos, incluindo os instrumentos legais de gestão como a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997). Em condições de escassez hídrica, a consciência é fundamental para evitar os desperdícios e aumentar a vida útil dos reservatórios disponíveis. Campanhas de conscientização extensivas e legislações específicas são alternativas para preparar melhor a população para eventos de racionamento ou até mesmo evitá-los, uma vez que a redução nos índices pluviométricos é uma realidade.

Os resultados apresentados também evidenciaram um déficit no conhecimento de tecnologias de reuso de água e suas vantagens econômicas e ambientais. Mais esclarecimento dos empreendedores e da população em geral facilitaria a gestão pública dos recursos hídricos por diminuir a carga sobre as estações de captação e tratamento pela adoção de práticas como as sugeridas.

Com o passar do tempo, a gestão dos recursos hídricos se tornará cada vez mais crucial para a manutenção da regularidade de abastecimento. Para conseguir aliar esta demanda crescente com o desenvolvimento socioeconômico, será necessário ampliar as ações de conscientização e incentivo às tecnologias mais eficientes, perpassando pelas esferas pública e privada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAKER, D. A. Administração estratégica de mercado. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BRASIL, Atlas; DE AGUA, Abastecimento Urbano. AGENCIA NACIONAL DE Águas. Resultados por Estado. Agência Nacional de Águas, v. 1, 2010. Disponível em:

<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20%20Volume%201%20-%20Panorama%20Nacional.pdf>. Acessado em: 13 mai. 2017.

BONFIM, Dirlêi A. et al. Considerações sobre as mudanças climáticas e os impactos na sub-bacia do rio Catolé para o município de Vitória da Conquista-Bahia. REMEA- Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, v. 29, 2012.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL: Folha SD.24 Salvador: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981. 624p.

DEBOITA, Michele; BACK Nestor. Consumo de água em bacias sanitárias com a utilização de descarga de duplo acionamento: estudo de viabilidade econômica. 2015.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: www.embrapa.gov.br. Acessado em: 18 de maio de 2017.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO. Relatório Anual de

Informação ao Consumidor. Vitória da Conquista e Belo Campo, 2015. Disponível em:<http://www.embasa.ba.gov.br/centralservicos/images/relatoriopcs/2015/USV/raic2015_usv_vitoria_da_conquista_e_belo_campo.pdf> Acessado em 20 de maio de 2017.

LIMA, J. E. F. W. Recursos hídricos no Brasil e no mundo. Embrapa Cerrados, 2001. Disponível em:

<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/23443/1/doc-33.pdf>>. Acessado em: 20 mai. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP): Dados de estações meteorológicas. 1976/2016. Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 25 mar 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010.

Disponível

em:<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=293330&search=bahia|vitoria-da-conquista>>. Acessado em: 20 mai.2017.

MEDEIROS, R. H. A. Notas Críticas ao livro “O Município da Vitória” de Tranquilino Torres, p.67, 2012.

OLIVEIRA, Jacson Tavares de Evolução do Uso da Terra e dos Solos na Bacia de Captação da Barragem Água Fria I e II em Barra do Choça/BA. 2006. 112 p, il. 2006. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.

PEREIRA, Francis José. A influência das grandes redes varejistas no comércio e na cidade: um estudo de caso sobre Vitória da Conquista. 2013. Tese de Doutorado. Universitat de Barcelona.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA.

Geoinformação: Tipologia Climática segundo Thornthwaite – 1998. Disponível em:

<http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1901&Itemid=498>. Acesso em: 25 mar 2017.

SILVEIRA, Patrícia Amorim; PAIVA, Silva Gedeval. Análise dos impactos das precipitações no espaço urbano de Vitória da Conquista-Bahia: subsídios para um planejamento preventivo. 2009. Pesquisa Monográfica (Graduação em Geografia). Universidade do Estado da Bahia. Disponível em: <<http://periodicos.uesb.br/index.php/ascmpa/article/viewFile/3672/3357>>

Acessado em: 13 mai. 2017.

SIMIONI, Wagner Isidoro; GHISI, Enedir; GÓMEZ, Luis Alberto. Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: Estudos de Caso. In: Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável. 2004.

Capítulo 11



10.37423/210504071

APLICAÇÃO BASEADA NA TECNOLOGIA CLIENTE E SERVIDOR UTILIZANDO INVOCAÇÃO DE MÉTODO REMOTO

Rafael Sanzio Macedo Porto

Rodrigo Rafael Rodrigues

Ruy de Oliveira

Valtemir Emerencio do Nascimento

Ed' Wilson Tavares Ferreira

*INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO
GROSSO*

*INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO
GROSSO*

*INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO
GROSSO*

*INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO
GROSSO*

*INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO
GROSSO*



Resumo: O presente artigo resulta da experiência de alunos de graduação em atividades de tarefas de programação. O objetivo proposto é de desenvolver, em equipe, uma aplicação cliente-servidor, com recursos geralmente encontrados em softwares de comunicação. Para isso, foram desenvolvidas duas aplicações em Java. Os procedimentos metodológicos empregados envolveram o aprendizado baseado em problemas, com a implementação dos programas baseados em Invocação Remota de Métodos – RMI e comunicação Paralela – Threads. Os resultados alcançados demonstram que houve interesse e motivação dos estudantes, o que contribuiu para melhorar a fixação do conhecimento pelos discentes.

Palavras-chave: Sistemas distribuídos, Cliente Servidor, Chamada de Procedimento Remoto, Invocação de Método Remoto.

1. INTRODUÇÃO

Há muito tempo que o profissional de engenharia deixou de ter um conhecimento estático, puramente relacionado à sua área principal de formação, tornando-se um profissional com conhecimento mais abrangente. Neste cenário, a computação tornou-se essencial para o bom desenvolvimento das atividades de engenharia.

Com o novo contexto, o engenheiro deve deter conhecimentos necessários, principalmente ao desenvolvimento de algumas aplicações, que poderão auxiliá-los em suas atividades cotidianas. Portanto, torna-se natural, durante o período de sua formação, o contato e o incentivo pelo professor, com linguagens de programação.

A escolha entre uma ou várias linguagens de programação envolve muitas questões e fogem do escopo da pesquisa, porém, geralmente consideram-se aspectos regionais, tempo necessário ao aprendizado, formação do corpo docente, disponibilidade de equipamentos, entre outros. No campus Cuiabá do Instituto Federal do Mato Grosso, optou-se em trabalhar este projeto com a linguagem de programação Java, principalmente pelas características que podem auxiliar o processo de aprendizagem, em especial, a possibilidade de utilização da tecnologia cliente-servidor.

O principal objetivo da aplicação baseada na tecnologia cliente-servidor é proporcionar soluções que serão úteis em ambientes corporativos, acadêmicos e outros com a utilização da comunicação entre equipamentos, com aplicação distribuída que compartilha a carga de trabalho entre os fornecedores de um recurso ao serviço (servidor) e os requerentes (clientes). A comunicação através da rede (que pode ser local ou não) é transparente ao desenvolvedor, que pode concentrar seus esforços seus esforços na aplicação e solução do problema.

Para incentivar os discentes, optou-se em aplicar a Aprendizagem Baseada em Problemas – ABP. Esta técnica estimula a discussão entre pequenos grupos de alunos acerca de um problema real, visando encontrar uma maneira de solucioná-lo (CERA, DAL FORNO, GINDRI VIEIRA, 2013). Além disso, o estudante também precisa recordar conhecimentos previamente adquiridos em outras matérias e em períodos anteriores. A metodologia também visa ao aprendizado por meio da investigação científica. Descreve-se a seguir o trabalho desenvolvido no escopo do projeto proposto.

Educar pela pesquisa tem como condição essencial primeira que o profissional da educação seja pesquisador, ou seja, maneje a pesquisa como princípio científico e educativo e a tenha como atitude cotidiana (DEMO, 1998). Então com isto o aluno deixa de ser um objeto de estudo e se torna parte do

trabalho junto ao pesquisador, fazendo com que o aluno tenha participação, junto ao pesquisador de maneira em que haja um feedback entre os dois.

Introduzindo-se a Internet, em meados de 1993 esta rede global começa a ser olhada de uma maneira diferente, pois a sua popularidade começou a aumentar. Em 2003, havia uma mudança visível no modo como as pessoas e os negócios estavam usando a Web (DEITEL, 2009). O principal motivo desta mudança se deu pelo fato que o hardware se tornava cada vez mais barato e potente. Conseqüentemente, os desenvolvedores passaram a dispor de máquinas mais potentes para suportar aplicações mais robustas. Portanto, torna-se evidente que as aplicações desenvolvidas tenham suporte para a comunicação em rede, especialmente com o emprego da Internet.

A Internet se manteve em ascensão, possibilitando criações de novas tecnologias, onde o usuário pudesse interagir mais com a máquina. A contínua evolução das tecnologias web propiciou a criação de novos recursos e paradigmas de desenvolvimento, levando ao usuário a junção de tecnologias web com desktop. E isso foi denominado como Aplicações ricas para Internet a *RIA* (Rich Internet Application). São aplicações Web que oferecem sensibilidade, recursos e funcionalidade 'ricos', que se aproximam das aplicações desktop RIAs constituem o resultado de tecnologias atuais mais avançadas, que possibilitam Interfaces Gráficas de Usuários (GUIs) avançadas e com maior sensibilidade (DEITEL, 2009). Um exemplo dessas aplicações é a plataforma JavaFX, que foi lançada em 2008 como base de sustentação para o Java.

O objetivo deste artigo é relatar a experiência dos discentes de uma turma de Engenharia da Computação no desafio de desenvolver uma aplicação cliente-servidor, bem como as vantagens e desvantagens do emprego de ABP neste cenário específico.

As demais seções deste artigo estão organizadas com segue. Na seção 2 são apresentados alguns trabalhos semelhantes, e na seção 3 descreve características importantes da plataforma JavaFX. Na seção 4 descreve aos aspectos importantes da RMI. A metodologia de ensino aplicação é tratada na seção 5. Na seção 6 apresenta-se o desenvolvimento do trabalho e as principais funcionalidades da aplicação Cliente-Servidor. Finalmente, a seção 7 expõe as considerações finais.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

O emprego Aprendizagem Baseada em Problemas pode contribuir para construção integrada de conhecimento de forma estruturada ao rede de problemas, em um contexto de determinada área, através da integração entre conhecimentos construídos. Como consequência, têm-se o

desenvolvimento de habilidades para a aprendizagem autônoma e para o trabalho em equipe. Diversas experiências bem sucedidas têm sido registradas, a exemplo de (CERA, DAL FORNO, GINDRI VIEIRA, 2013).

Como ferramenta de apoio e complemento às atividades pedagógicas, a tecnologia tem se tornado frequente. Em um trabalho prévio, os autores em (FERREIRA, et al, 2013) apresentaram um conjunto de dados, oriundos de uma rede sem fio, para auxiliar o ensino de comunicação de dados, em cursos de graduação de computação e engenharia. O conjunto de dados pode ser utilizado para apresentar detalhes importantes na comunicação, sem a necessidade de disponibilizar fisicamente toda a rede de computadores.

Percebe-se que a utilização de computadores, softwares de simulação, enfim, os recursos disponibilizados pela Tecnologia da Informação tornou-se importante ferramenta de apoio pedagógico, cu o o eti o incenti ar a usca do con ecimento pelos alunos, onde o professor assume o papel de orientador. Colaborando com este cen rio, neste arti o apresentada uma proposta do uso da tecnologia, para as disciplinas de comunicação de dados e redes de computadores, nos cursos de engenharia e computação.

3. JAVA FX

O JavaFX fornece um modelo unificado de desenvolvimento e implantação para a construção de aplicações cliente ricas que integram mídia imersiva rica, como áudio e vídeo, gráficos, texto rico e serviços Web. JavaFX permite aos desenvolvedores de criação programar em um contexto visual, o que os ajuda a trazer suas ideias para a vida real de forma mais rápida e melhor (AGOSTI & RODRIGUES, 2010).

O JavaFX trabalha com o conceito de linguagem de marcação para a interface com o usuário e essa linguagem é o FXML, possibilitando o desenvolvimento com aspecto de apresentação da interface do usuário. A marcação FXML é desenvolvida no *Scene Builder*, a qual pode ser portada para um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) para que desenvolvedores possam adicionar a lógica de negócios na aplicação. Com isso, torna-se possível manter independente diversas atividades do desenvolvimento: codificação, banco de dados e designer.

4. MÉTODO DE INVOCAÇÃO REMOTA - RMI

A RMI é baseado em uma tecnologia anterior chamada de *Remote Procedure Call* - RPC, criada nos anos 80, que permite que programas procedurais, escritos em C, Pascal, Fortran, COBOL, DBASIC, entre outros chamem procedimentos ou funções em máquinas distintas e remotas, como se tudo estivesse presente na máquina que o requisitou.

A RPC facilita o desenvolvimento de aplicações que realizam comunicação entre máquinas remotas, de modo que o programador ou desenvolvedor possa se concentrar nas atividades de desenvolvimento. Porém, como a RPC possui um número limitado de tipos de dados simples, optou-se pela implementação utilizando a tecnologia RMI.

A tecnologia RMI é a implementação da RPC em Java para comunicação distribuída de um objeto Java. Uma vez que o método de um objeto Java é registrado como sendo remotamente acessível, um cliente pode “pesquisar” esse ser iço e rece er uma referência que permita ao cliente utilizar esse serviço (DEITEL & DEITEL, 1999).

5. METODOLOGIA DE ENSINO APLICADA

O interesse da metodologia usada aqui está voltado a fundamentar a importância da pesquisa para a educação, até a educação, até o ponto de tornar a pesquisa a maneira escolar e acadêmica própria de educar (DEMO, 1998). Assim os discentes são incentivados a realizar pesquisa e com esse intuito cria-se uma rotina de ensino na qual os próprios alunos aprendem muito.

Não o caso fazer dele um pesquisador “profissional”, so retudo na educação sica, já que não a cultiva em si, mas como instrumento principal do processo educativo. A relação precisa ser de sujeitos participativos, tomando-se o questionamento reconstrutivo como desafio comum (DEMO, 1998).

Sem a intenção de distribuir receitas prontas, que desde logo destruíram a qualidade propedêutica desta proposta, busca-se orientar estratégias que facilitem a capacidade de educar pela pesquisa (DEMO, 1998). Portanto o professor apresenta uma proposta de problemas na qual os indivíduos presentes discutiram sobre este problema, porém o professor os orientará, mas não dará as respostas, fazendo com que os alunos se esforcem para resolver o problema e sempre buscando mais conhecimentos.

O desafio proposto aos estudantes era o desenvolvimento de uma aplicação cliente-servidor, com comunicação através da Internet, capaz de prover o envio de arquivo de vídeo, realizar a compactação

de arquivo, executar a operação de cálculo da inversa de uma matriz e também disponibilizar um bate-papo (chat) através dos programas clientes e servidor.

6. DESENVOLVIMENTO

Foi utilizada a API (Interface de Programação de Aplicativos) gráfica JavaFX, a qual suporta o FXML (que é baseado no XML, porém é utilizada para construir GUI no JavaFX); a CSS (Linguagem de Folhas de Estilo), para oferecer interfaces mais agradáveis; e tecnologias web para possibilitar possível migração para ambiente web, caso desejável ou necessário. A ferramenta Scene Builder cria o layout e o grava em arquivos a serem interpretados pelo JavaFX. Essa ferramenta possui uma técnica simples e rápida para desenvolver aplicativos. Os seus componentes possuem uma biblioteca que facilita a criação e modularização do design da interface gráfica. O JavaFX Runtime, utilizado para executar programas em JavaFX, já é parte nativa do Java Runtime Environment desde a versão 7 lançada em 2011.

Foram desenvolvidas duas aplicações nesse projeto, uma aplicação cliente e uma servidor. O servidor oferece serviços ao cliente, os quais serão citados posteriormente, e para que o cliente se beneficie de um ou mais serviços do servidor é necessário uma conexão entre cliente e servidor. Nessa conexão se estabelece a porta a ser usada na comunicação, pela qual será realizada a comunicação assíncrona entre cliente-servidor no escopo da RMI.

6.1. COMPONENTES DAS APLICAÇÕES

Conforme mencionado, para a confecção da interface gráfica foi utilizado o programa Scene Builder, utilizado para aprimorar e otimizar o desenvolvimento de interfaces em JavaFX baseado no conceito de drag-and-drop. Já na codificação foi utilizado a IDE (*Integrated Development Environment*), ambiente de desenvolvimento integrado, Eclipse 4.3 (Kepler), que é utilizado para agilizar a programação, mostrando erros, e tendo opção de depuração.

A linguagem utilizada foi Java na JDK (Java Development Kit) da versão 7.0 para desktop. O principal motivo da escolha do Java é a diversidade de plataformas (Windows, distribuições UNIX e LINUX e APPLE – OS) na qual ele funciona, pelo fato de possuir a JVM (Maquina Virtual Java). A familiaridade dos estudantes com essa linguagem também foi decisivo nessa escolha.

As características gerais, do cliente e do servidor, foram escolhidas pelo professor, com o objetivo de abranger diversos cenários de implementação. Com isso, o estudante deverá familiarizar-se com necessidades distintas, que possivelmente no futuro, poderá auxiliá-lo.

6.2. INTERFACE GRÁFICA SERVIDOR E CLIENTE

As funcionalidades da interface do cliente e do servidor estão ilustradas nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Nota-se que as interfaces gráficas detêm uma aparência agradável e otimizada devido ao uso do CSS (Folhas de Estilo em Cascata).

Na interface do servidor, a aba conexão possibilita a configuração inicial do número da porta a ser usada na comunicação cliente-servidor, a pasta de armazenamento dos dados no servidor. Apenas depois dessas configurações o servidor pode ser iniciado. Obviamente é necessário que o host esteja conectado a alguma rede ou Internet, para permitir acesso remoto. Na guia de vídeo, há uma tela que possibilita a execução dos vídeos (arquivos de vídeos com extensão FLV ou MP4). O envio do arquivo de vídeo ao servidor deve ser realizado por um cliente.

Existe ainda uma thread (subprograma) que é executada no servidor (em background), a fim de atender possíveis requisições de serviço de bate-papo (chat) do cliente. Quando isso acontece, uma nova janela aparece, uma em cada lado, ou seja, no servidor e no cliente.



Figura 1 – Interface Gráfica Servidor

No cliente existem 7 guias ou abas. A aba conexão permite ao cliente escolher o servidor, com a indicação do endereço IP (Protocolo de Internet) e número da porta de conexão.



Figura 2 – Interface Gráfica Cliente

MÉTODO CONEXÃO

A atribuição do número de porta de conexão, utilizada pelo servidor e cliente, é manual, e pode ser alterada antes da execução do servidor. Depois que esta dado é configurado, pode-se inicializar o servidor, que ficará aguardando pelas conexões dos clientes, para realizar o armazenamento de imagens, documentos e outros tipos de arquivos.

Com o servidor em execução, no software cliente é necessário apenas informar os mesmo endereço IP e número de porta de conexão. Com a realização da conexão, o servidor informa ao cliente alguns dados (data, hora) e o seus status de conectado. A figura 3 mostra o procedimento de conexão entre o cliente e o servidor.

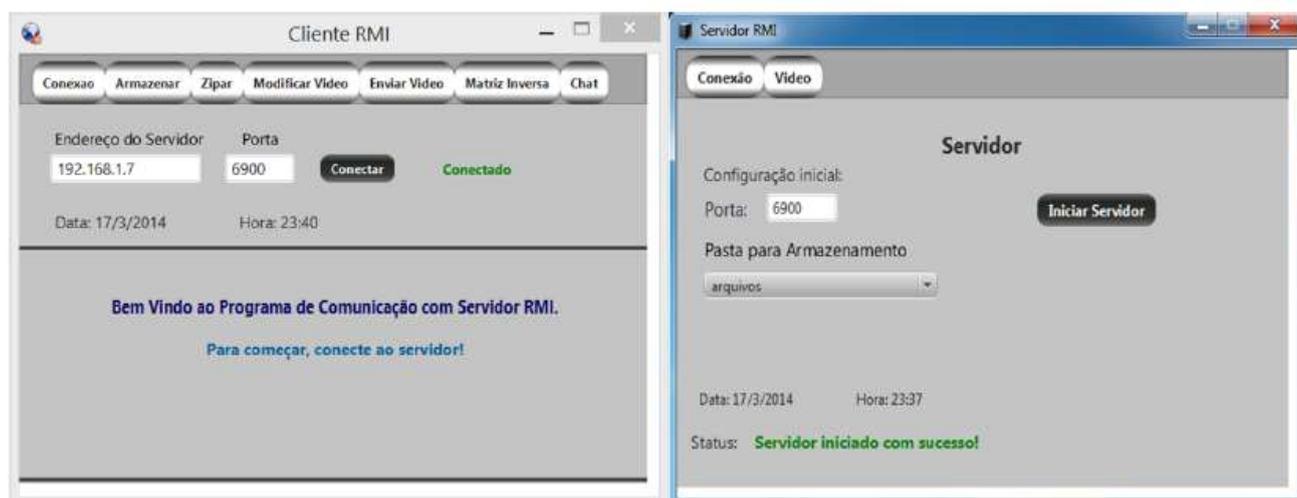


Figura 3 – Conexão entre o cliente e o servidor

MÉTODO ARMAZENA ARQUIVO

Com o objetivo de realizar a transferência de arquivos (texto, imagem, vídeo, entre outros) entre o cliente e servidor, foi implementado um método no servidor para que seja invocado pelo cliente.

O método no servidor recebe os bytes do arquivo e seu respectivo nome (nome e extensão deste dado. Exemplo: "file. pe ") e o usuário do cliente poderá escolher o arquivo que deseja enviar ao servidor. Quando o usuário do cliente o envia, o servidor o armazena em uma pasta que foi definida durante a configuração na interface gráfico do Servidor. Na Figura 4 apresenta-se como o **Método Armazena Arquivo** funciona no lado do cliente, pois no servidor ele apenas armazena os arquivos nos locais definidos no servidor.

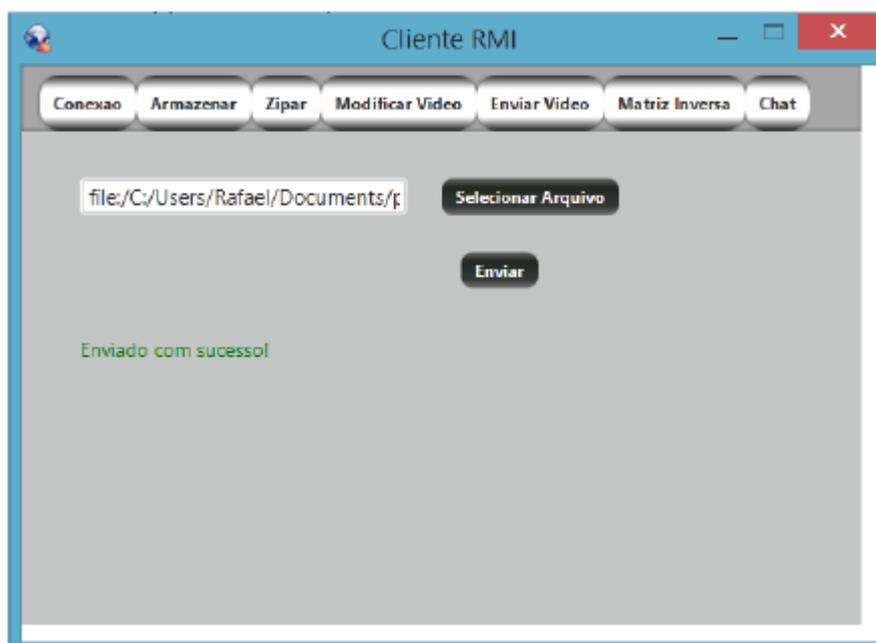


Figura 4 – Interface do cliente realizando o método armazenar

MÉTODO COMPACTAR

O método compactar realiza a compactação de dois arquivos, pelo servidor. O cliente deve enviar os arquivos ao servidor, que após realizar a compactação, devolve um único arquivo compactado, para o cliente. É importante perceber que, além das transferências dos arquivos, também é executado a compactação pelo servidor.



Figura 5 – Interface do cliente com o método de compactação de dois arquivos

MÉTODO EXECUTAR VÍDEO

Por este método o servidor recebe o vídeo enviado pelo cliente e o executa na sua própria interface gráfica. O servidor utiliza a mesma técnica do **Método Armazena Arquivo** para armazenar o arquivo do vídeo. Apenas vídeos no formatos MP4 e FLV podem ser executados pois o JavaFX não oferece suporte para outros tipos de mídias.

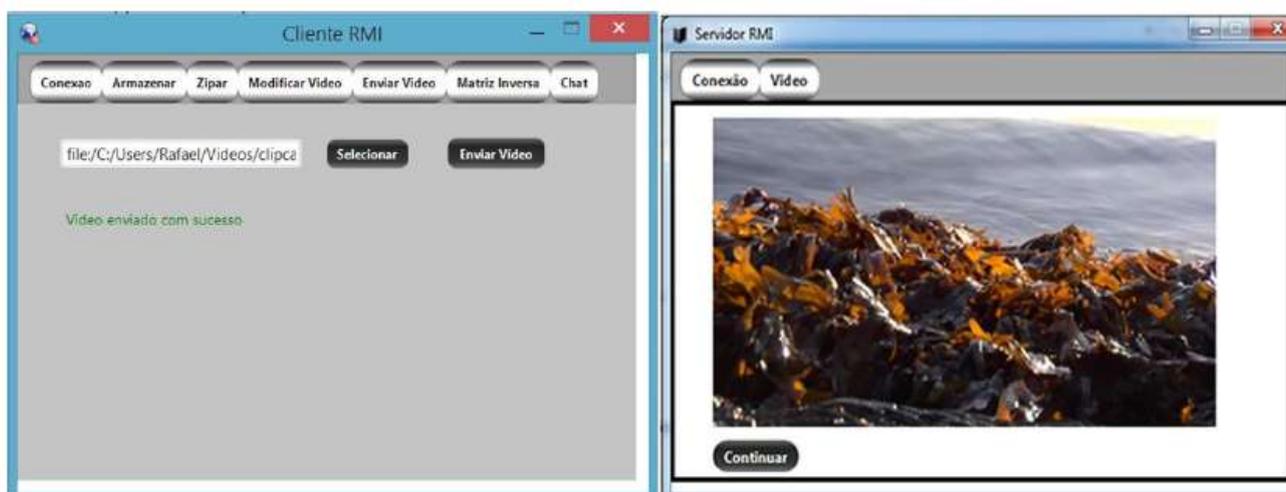


Figura 6 – Execução de vídeo enviado do cliente ao servidor

MÉTODO MATRIZ INVERSA

Nesse método, o cliente envia ao servidor uma matriz de tamanho máximo 4x4, e o servidor devolve a matriz inversa para o cliente. Para a resolução deste problema foi utilizada a API (Interface de Programação de Aplicativos) JAMA (Java Matrix) (HICKLIN, et al, 2000)

De acordo com Joe Hicklin, Cleve Moler e Peter Webb (2014) o JAMA é um pacote de álgebra linear básica para Java, que fornece classes de nível de usuário para construir e manipular matrizes densas reais. Foi criada para fornecer funcionalidade suficiente para problemas rotineiros de maneira simples para pessoas que não sejam especialistas.

Portanto, o uso dessa ferramenta torna a execução deste método mais simples e eficiente, e com isso o usuário do cliente só precisa definir qual será a ordem da matriz (exemplo da ordem: 1x1, 2x2 até 4x4). Conforme mostrado na Figura 7, o usuário do cliente apenas precisa definir os valores dos elementos da matriz e clicar calcular. Em seguida, os dados são enviados ao servidor que realiza o cálculo da matriz inversa e a retorna ao cliente.



Figura 7 – Interface gráfica do cliente executando o método da matriz inversa

MÉTODO BATE-PAPO (CHAT)

O servidor, como exibido na Figura 8, cria uma thread para cada solicitação do cliente a fim de estabelecer uma sessão de bate papo individual com cada sessão do cliente. Para realizar essa solicitação, o usuário do cliente, conforme Figura 9, ao requisitar o serviço de bate-papo, dispara a criação de uma thread específica.

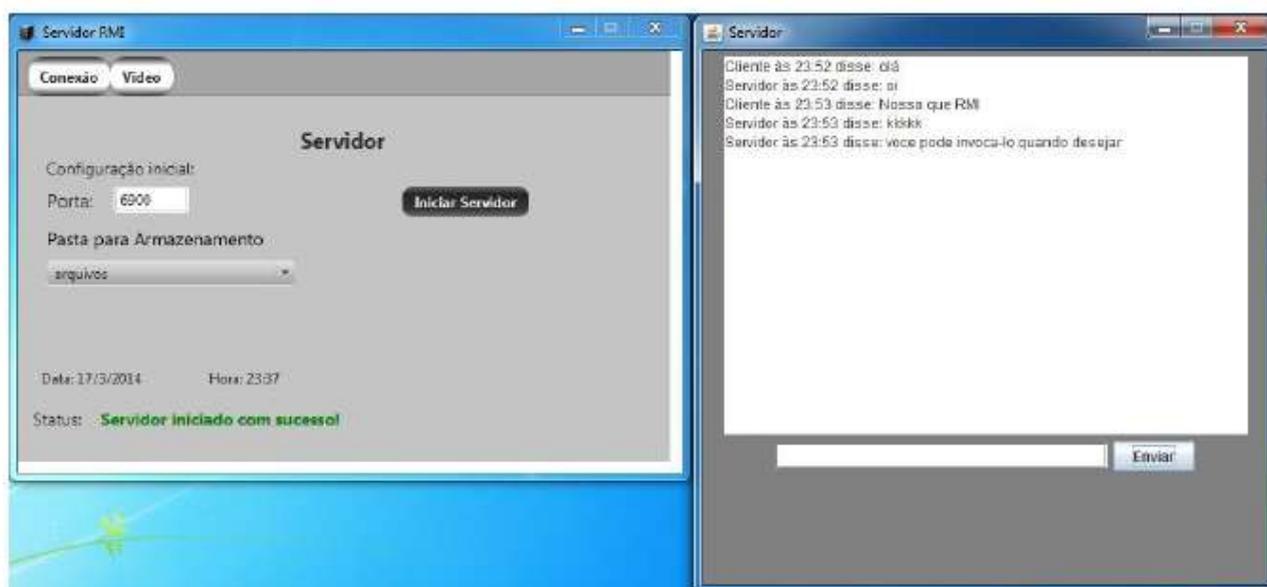


Figura 8 – Servidor conversando com o Cliente

Isto ocorre nesses dois contextos, porque as duas threads monitoram uma a outra. A thread do cliente monitora a do servidor esperando a resposta dele e o servidor faz o mesmo. Porém o servidor pode receber várias requisições, e por isso ele tem de conversar com vários clientes em máquinas distintas. De forma diferente, no lado cliente, o gerenciamento das conexões é mais simples porque o cliente está conectado a apenas um servidor, o que é controlado pelo **Método Conexão**. Essa é uma característica da arquitetura cliente-servidor, pois de acordo com o Tanenbaum e Van Steen (2007) o servidor gerencia os serviços solicitados pelo cliente, e nesta arquitetura o cliente é dependente do servidor, porque a conexão é fixa ao dispositivo e se algo a derrubar é preciso restabelecer a conexão.

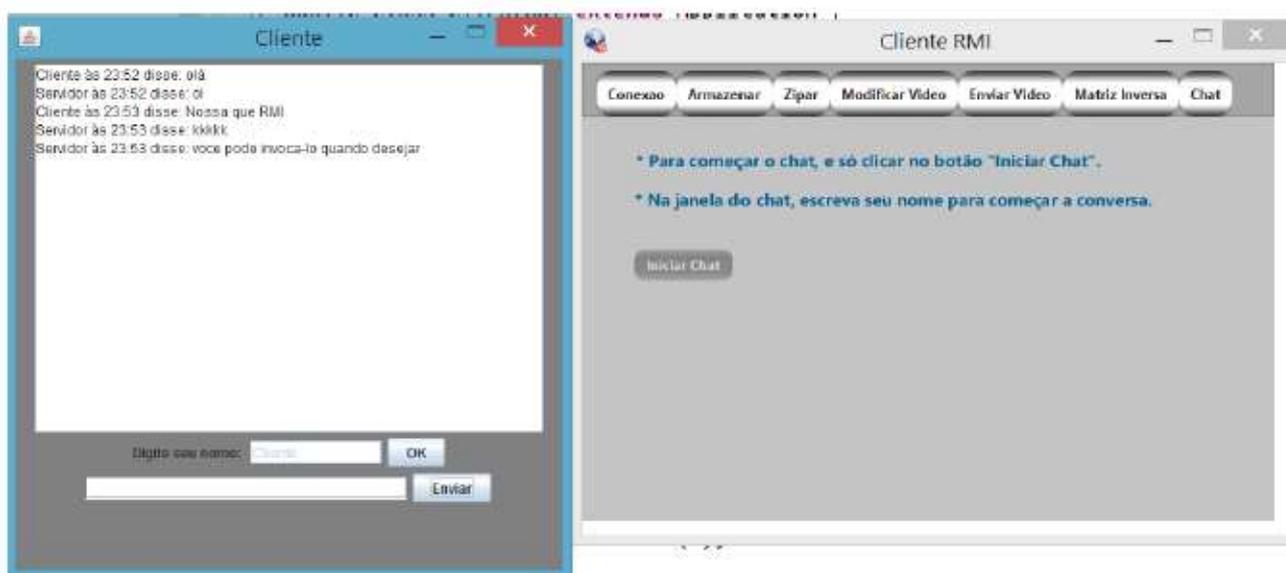


Figura 9 – Cliente conversando com o Servidor

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo apresentou o desenvolvimento de uma aplicação baseada na tecnologia cliente-servidor e o funcionamento de seus respectivos métodos que foi implementada em um ambiente acadêmico, pelos estudantes autores deste trabalho. O principal objetivo era desenvolver aplicações com aplicabilidade no mercado empresarial, educacional e outros, abordando os conceitos de sistemas distribuídos com ênfase para tecnologia cliente-servidor, desde a programação até a arquitetura. Este objetivo foi alcançado e, a experiência contribuiu para os estudantes ampliarem o conhecimento a respeito de programação e trabalho em equipe.

O aspecto positivo foi o conhecimento adquirido e a motivação dos autores para criação de novos artigos ou trabalhos futuros nessa mesma área dos sistemas distribuídos. Os métodos apresentados

podem ser aplicados em softwares corporativos, a exemplo da comunicação entre usuários de setores distintos dentro de uma corporação.

Conclui-se que o desenvolvimento de sistemas ou aplicações distribuídas embasada na arquitetura cliente-servidor podem melhorar aplicações modernas e antigas, tornando-as mais dinâmicas. E a metodologia aplicada se mostrou viável por despertar o interesse dos estudantes por resolução de problemas de forma autônoma e motivadora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTI, Cristiano; RODRIGUES, Daniel. Construindo aplicações de interface rica com JavaFX. Unoesc & Ciência-ACET, v. 1, n. 2, p. 135-144, 2010.

CERA, Márcia Cristina; DAL FORNO, Mateus Henrique; GINDRI VIEIRA, Vanessa. Uma Proposta para o Ensino de Engenharia de Software a partir da Resolução de Problemas. Revista Brasileira de Informática na Educação, v. 20, n. 03, p. 116, 2013.

DEITEL, Harvey M.; DEITEL, Paul J. Java how to program. 3ª ed. USA: Pearson Prentice Hall, 1999, 1355 p, il.

DEITEL, Paul J. Ajax, Rich Internet Applications e desenvolvimento Web para programadores. 1ª ed. USA: Pearson Prentice Hall, 2009, 747 p, il.

DEMO; Pedro. Educar Pela Pesquisa. 8ª ed. SP, Campinas: Autores Associados, 1998, 130 p, il.

FERREIRA, Ed Wilson Tavares; SHINODA, Ailton Aquira; ARAÚJO, Nelcilenio Virgilio de Souza; NASCIMENTO, Valtemir Emerencio; VILELA, Douglas. Construção e uso de base de dados sobre o funcionamento de uma rede sem fio para contribuir no ensino nos cursos de computação e engenharia. In: XLI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2013.

JAVAFX OVERVIEW. Sun Microsystems. 2009b. Disponível em:

<<http://www.javafx.com/about/overview/>>. Acesso em: 14 maio 2014.

Hicklin, J., Moler, C., Webb, P., Boisvert, R. F., Miller, B., Pozo, R., & Remington, K. (2000). Jama: A Java matrix package. Disponível em: <<http://math.nist.gov/javanumerics/jama>>. Acesso em: 22 maio 2014.

NIEMEYER, Patrick; KNUDSEN, Jonathan. Aprendendo Java. Rio de Janeiro: Campus, 2000, 700 p, il.

TANENBAUM, Andrew S.; VAN STEEN, Maarten. DISTRIBUTED SYSTEMS Principals and Paradigms.2.ed. USA:Pearson Pretience Hall, 2007, 686 p, il.

Capítulo 12



10.37423/210504075

APLICAÇÃO DIDÁTICA DE UM CONTROLE PID NO LEGO® MINDSTORMS® NXT 2.0 USANDO MATLAB®

Lucivando Ribeiro de Araújo

Universidade Federal do Ceará

Alânio Ferreira Lima

Universidade Federal do Ceará

Josa Rodrigues Vidal Júnior

Universidade Federal do Ceará

Vandilberto Pereira Pinto

Universidade Federal do Ceará



Resumo: Este trabalho mostra a utilização do kit de robótica Lego® Mindstorms® NXT 2.0 junto com o Matlab® para aplicação de conceitos de controle de sistemas dinâmicos usando os recursos de ambos para demonstrações voltados a estudos de robótica e controle. Procura-se mostrar a importância do ensino de robótica em escolas e faculdades enfatizando os benefícios que podem trazer não somente a formação dos futuros profissionais como a sociedade, a facilidade e eficácia que ferramentas como esta podem trazer enriquecendo o processo de aprendizagem, aplicação e ampliação do conhecimento adquirido. O enfoque é na aplicação de controle de sistemas explicando o efeito que isso causa em um sistema robótico e a sua importância. Posteriormente analisa-se os resultados obtidos ratificando os benefícios da utilização deste tipo de recurso para demonstração de maneira simples os conceitos como também a versatilidade disponibilizada pelo kit de robótica.

Palavras-chave: Robótica, Lego® Mindstorms® NXT 2.0, Matlab®, sistemas robóticos, controle PID, programação no Matlab®.

1. INTRODUÇÃO

Os estudos voltados a área de controle procuram analisar, explicar e modelar matematicamente sistemas dinâmicos objetivando auxiliar no desenvolvimento de novas técnicas, diminuir gastos com manutenção e aumentar a eficiência do sistema estudado através de um controlador ou compensador. Um sistema a ser analisado que pode ser um processo químico, braço robótico, um veículo espacial, um circuito elétrico, equipamento, avião, navio, etc., também é chamado de planta, processo ou sistema dinâmico à controlar que é caracterizado por apresentar um comportamento em função do tempo.

É comum fazer a modelagem de uma determinada planta para a análise, a modelagem matemática, para Ogata (2003), é como um conjunto de equações representando a dinâmica do sistema com precisão ou de forma aceitável, ou seja, a representação mostra as características relevantes para o estudo. O resultado é uma fórmula matemática chamada função de transferência, essa função relaciona as equações diferenciais que representam a saída pela equações que representam a entrada. Dito de outra forma, ela descreve a dinâmica de sistemas mecânicos, elétricos, térmicos, etc. Estas equações estão na sua forma equivalente da transformada de Laplace da saída pela transformada de Laplace da entrada, são bastante usadas nesta forma porque fica mais fácil estudar as características da planta além de agilizar os estudos e a compreensão dos sistemas comparado a modelagem com equações diferenciais. É comum recorrer a softwares como o Matlab® devido sua vasta quantidade de recursos que permite, entre diversas ações, realizar cálculos mais complexos e fazer simulações agilizando o processo de aprendizado e encontrar soluções.

Este trabalho procura estudar e demonstrar didaticamente a aplicação de um controle PID em um robô seguidor de linha, foi utilizado o kit de robótica Lego® Mindstorms® NXT 2.0 por estar disponível e permitir simular estudos voltados ao controle de sistemas robóticos, o software utilizado foi o Matlab® por já possuir uma biblioteca de funções específica que comunica o kit a ele além da possibilidade de utilizar os recursos do próprio Matlab®.

2. CONTROLADOR PID

Boa parte dos controladores usados na indústria são automáticos, ou seja, são sistemas de controle cujos controladores não necessitam da presença do operador humano, essa automatização busca qualidade, eficiência e precisão nos processos industriais para a produção de bens com custos mínimos tornando a empresa mais competitiva. A ação de controle age no sentido de acabar ou minimizar o

sinal de erro ocasionado por vibrações, distúrbios ou outros fatores externos que alteram o sinal de saída, o erro pode ser observado ao analisar a diferença do valor atual do sinal de saída de um sistema com um sinal de entrada (referência) mas, como cada sistema possui características distintas, é necessário identificar o tipo de controlador industrial compatível para o sistema. Existem diversas formas de controle e, dentre estas, Ogata, 2003, classifica algumas delas como controlador de duas posições (on-off), proporcional, integral, proporcional-integral (PI), proporcional-derivativo (PD) e proporcional-integral-derivativo (PID).

O controlador PID é bastante comum e o mais conhecido, segundo Dorf (1998), sua popularidade deve-se a vantagem de ter bom desempenho quando em atividade e simplicidade quando manobrado por engenheiros e técnicos já que, de maneira empírica, é possível determinar os valores dos seus ganhos. Castrucci e Bittar, 2011, acrescentam que além dos parâmetros de fácil ajuste, sua construção é adequadamente robusta para o ambiente industrial. Esse tipo de controle envolve três parâmetros: o proporcional (P), o integral (I) e o derivativo (D). Sua função de transferência característica é mostrada na equação 1 abaixo:

$$G_C(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + s \cdot K_D \quad (1)$$

$G_C(s)$ representa a função transferência do controlador PID, K_P é o ganho do termo proporcional do controlador, K_I representa o ganho do termo integral e K_D o termo derivativo. A equação (1) está na forma equivalente da transformada de Laplace ou no domínio da frequência. O parâmetro proporcional produz um valor na saída correspondente ao erro obtido na realimentação, ou seja, faz uma amplificação do ganho de maneira proporcional a perturbação diminuindo o erro de regime permanente. Mesmo que reduza este desvio, esta ação pode instabilizar o sistema tornando-o mais oscilatório. A adição do parâmetro integral procura eliminar esse defeito, esta ação consiste de, na insistência do problema, inserir um sinal que varia a uma taxa correspondente a amplitude e duração do erro de modo a reajustar o sinal de resposta, ou seja, este parâmetro procura eliminar o desvio produzido pela ação proporcional integrando-se o valor do erro no tempo. Enquanto a diferença entre o valor da saída e da entrada não for zero, esta ação continuará variando. O parâmetro derivativo procura reduzir a taxa de variação do sinal de erro do controlador e diminuir o "overshoot" ou sobressinal da saída, em outras palavras promove uma ação corretiva proporcional à velocidade com que o desvio cresce. Ela permite estimar se o erro futuro tende a aumentar ou diminuir. O controlador PID portanto procura aproveitar as vantagens de cada termo.

3. SOBRE O KIT DE ROBÓTICA DA LEGO

É uma linha de brinquedos da Lego®, lançada oficialmente em 2006 procurando estimular a educação voltada para a tecnologia. O kit foi desenvolvido em parceria com o Instituto de Tecnologia de Massachusets (MIT) para incentivar e difundir o ensino da robótica para o público juvenil. O kit possui uma fácil manipulação além de ser bastante versátil, conta com centenas de peças encaixáveis, sensores de toque, luz e ultrassônico além de servo-motores, aliando facilmente a tecnologia com conceitos de engenharia. A figura 1 mostra os componentes que estão presentes no kit.

Figura 1 (a) Componentes do kit; (b) Smart brick do NXT



Ele também possui um módulo controlador de programação intuitiva (Smart Brick) mostrado na figura 1(b) que é o “cérebro” do robô consistindo de 1 conexão para cabo USB, 4 entradas para sensores e 3 saídas para servo-motores. A comunicação é feita via cabo USB ou bluetooth com computadores ou celulares. A alimentação do bloco programável NXT é feita por seis pilhas AA 1,5V comuns, pilhas recarregáveis de 1,2 V.

Ferri (2009) fala que o sucesso do kit é atribuído a facilidade de uso, ser versátil devido à disponibilidade de vários sensores e uma grande variedade de peças de construção LEGO, e suficientemente robusto para ser utilizado até por crianças de 12 anos de idade. Gawthrop e McGookin (2014) reforçam uma característica interessante, mesmo que a construção mecânica, elétrica e estrutural seja boa o suficiente para resultados satisfatórios, há discrepâncias suficientes entre teoria e prática para introduzir o aluno a problemas do mundo real de implementação do controlador. Além disso incentiva os calouros a lidar com questões práticas através da construção de seus próprios robôs e desenvolvimento de algoritmos no Matlab® (Berhens, 2011).

4. SOBRE A RWTH – MINDSTORMS NTX TOOLBOX E O MATLAB

Este software foi desenvolvido para fins educacionais pela Rheinisch-Westfälische Hochschule Aachen University (RWTH Aachen University), situada na Alemanha. É uma toolbox que permite o controle e programação de robôs da Lego® Mindstorms® NXT através do Matlab® por uma conexão bluetooth ou cabo USB em que é possível controlar os sensores e motores do kit além de captar dados através deles. Este software possui uma Licença Pública Geral GNU (GPL). Pode ser baixada gratuitamente através do seguinte link: <http://www.mindstorms.rwth-aachen.de/trac/wiki/Download>

Postal e Paetzold, 2011 acrescentam que a biblioteca em conjunto com o Matlab® oferece uma grande variedade de opções para o controle e interação com o NXT, ou seja, esta caixa de ferramentas aliada ao NXT abre possibilidades ilimitadas para fornecer aos usuários desenvolvimento e aplicação de programas avançados com conceitos de controle, processamento de sinal, simulação de sistemas robóticos, até conceitos de inteligência artificial e outros recursos presentes no Matlab®.

O Matlab® É um programa que utiliza uma linguagem de programação de alto nível, é um ferramentas de programação e simulação bastante diversificado, sendo utilizado nas mais diversas áreas e acadêmicos devido a imensa quantidade de recursos disponíveis. Um software intuitivo é importante e fundamental para libertar a criatividade dos alunos (Sharad, 2007).

O uso destes programas na área de controle propicia o entendimento prévio a respeito das características existentes de um sistema (Araújo, 2014). Então, aliando a biblioteca com o Lego Mindstorms NXT temos uma plataforma didática bastante poderosa para auxílio na compreensão e associação dos conceitos básicos a parte prática apresentada nos cursos de engenharia.

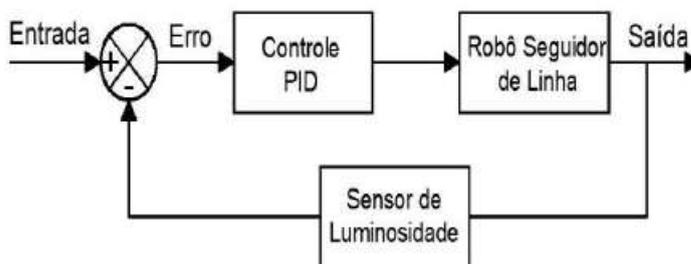
5. EXPERIÊNCIA REALIZADAS

A experiência realizada consiste de montar uma estrutura robótica que pudesse seguir um percurso sob orientação do sensor de luminosidade acoplado a estrutura, o robô está apresentado na figura abaixo.

Figura 2 - (a) Robô seguidor de linha; (b) Diagrama de blocos do sistema.



(a)



(b)

Na figura 2 (a), o sensor de luminosidade está instalado na parte da frente estando apontado para o solo, os dados lidos por este componente é processado pelo smart brick que envia os dados pela conexão USB para o computador. O algoritmo desenvolvido no Matlab processará os dados e ajusta a velocidade dos dois motores que movimentam a estrutura robótica durante o percurso. A figura 2 (b) mostra o diagrama do blocos que representa a dinâmica do sistema, a entrada é o valor de referência estipulado enquanto o erro é a diferença entre o valor de entrada e o valor captado pelo sensor de luminosidade. O sinal de erro é a entrada do controle PID que faz o ajustes necessários através do algoritmo variando os valores que são enviados para os motores do robô seguidor de linha a cada interação, a saída é o deslocamento do robô ao longo do caminho.

A informação a ser coletada pelo sensor é a diferença de cor entre a linha preta e a superfície branca para que possa rastrear o percurso de modo preciso enquanto move-se nela de maneira rápida. Olhando a figura 3, se o sensor detectar a cor branca ele faz o robô mover-se para “dentro” do percurso e quando detecta a cor preta da borda o robô move-se para “fora” da linha preta. Através desse movimento em zigue-zague o robô consegue deslocar-se pelo percurso, note que o robô segue a “borda externa” do caminho.

Figura 3 - Posicionamento e movimento do robô



O sensor de luminosidade apresenta uma faixa de valores sem unidades, uma superfície clara é associado a valores maiores enquanto uma superfície mais escura é associado a valores menores. A diferença entre o valor captado pelo sensor e o valor de referência pré-estabelecido é diminuído a cada interação pela linha de código do controle PID alterando os valores de potência jogados no motor, o caminho percorrido é uma linha reta apresentada na figura 4.

Figura 4 - Trajeto que o robô deve percorrer usando o sensor de luminosidade



Os problemas deste sistema robótico estão ligados a iluminação da superfície (já que o sensor é sensível as mudanças), a diferença de cores entre o percurso e o resto da superfície em si, ao tempo de atuação do robô para corrigir seu deslocamento de acordo com a leitura. Daí a necessidade de um controlador que mantenha o robô no caminho procurando uma movimentação mais eficiente, menos oscilatória e rápida levando em consideração as características do meio.

6. DESENVOLVIMENTO DO ALGORITMO DE CONTROLE PID APLICADO NO SISTEMA

Antes da coleta de dados e dimensionamento dos ganhos do controlador realizou-se experimentos para verificação da leitura feita pelo sensor na superfície do percurso e estimar um valor de referência para a

qual o robô tente manter sua leitura com valor próximo a esta. Foi acrescentado um sensor de toque para que o robô “jogue-se” para o lado externo do trajeto caso não seja acionado este sensor, ao ser acionado ele volta para o percurso (figura 3). A faixa de leitura observado varia de 50 a 800 e quer dizer que quanto maior o valor mais clara é a superfície e quanto menor o valor, mais escura. O valor de referência que identifica a transição do preto para o branco na borda é 400, quanto mais próximo estiver a leitura do sensor deste valor, menor será o movimento oscilatório do robô e, por consequência, o deslocamento será mais eficiente e com uma taxa de erro menor. Para o cálculo do erro, foi feito a subtração do valor medido (*Valor_med*) pelo sensor de luminosidade pelo valor acumulado na variável de referência (*REF=400*). A fórmula do erro é:

$$\text{erro} = \text{Valor_med} - \text{REF} \quad (2)$$

Outras três variáveis criadas auxiliam no dimensionamento dos ganhos, são:

$$\text{integ} = \text{integ} + \text{erro}; \quad (3)$$

$$\text{deriv} = \text{erro} - \text{erro_ant}; \quad (4)$$

A variável *integ* realiza a soma dos erros produzidos durante um período para depois multiplicar por sua constante na fórmula do controlador. A variável *deriv* trabalha com o valor resultante da subtração do erro atual (erro) pelo erro anterior acumulado na variável *erro_ant*. No algoritmo, o controle é representado pela seguinte linha de código:

$$\text{PID} = (\text{KP} * \text{erro}) + (\text{KI} * \text{integ}) + (\text{KD} * \text{deriv}) \quad (5)$$

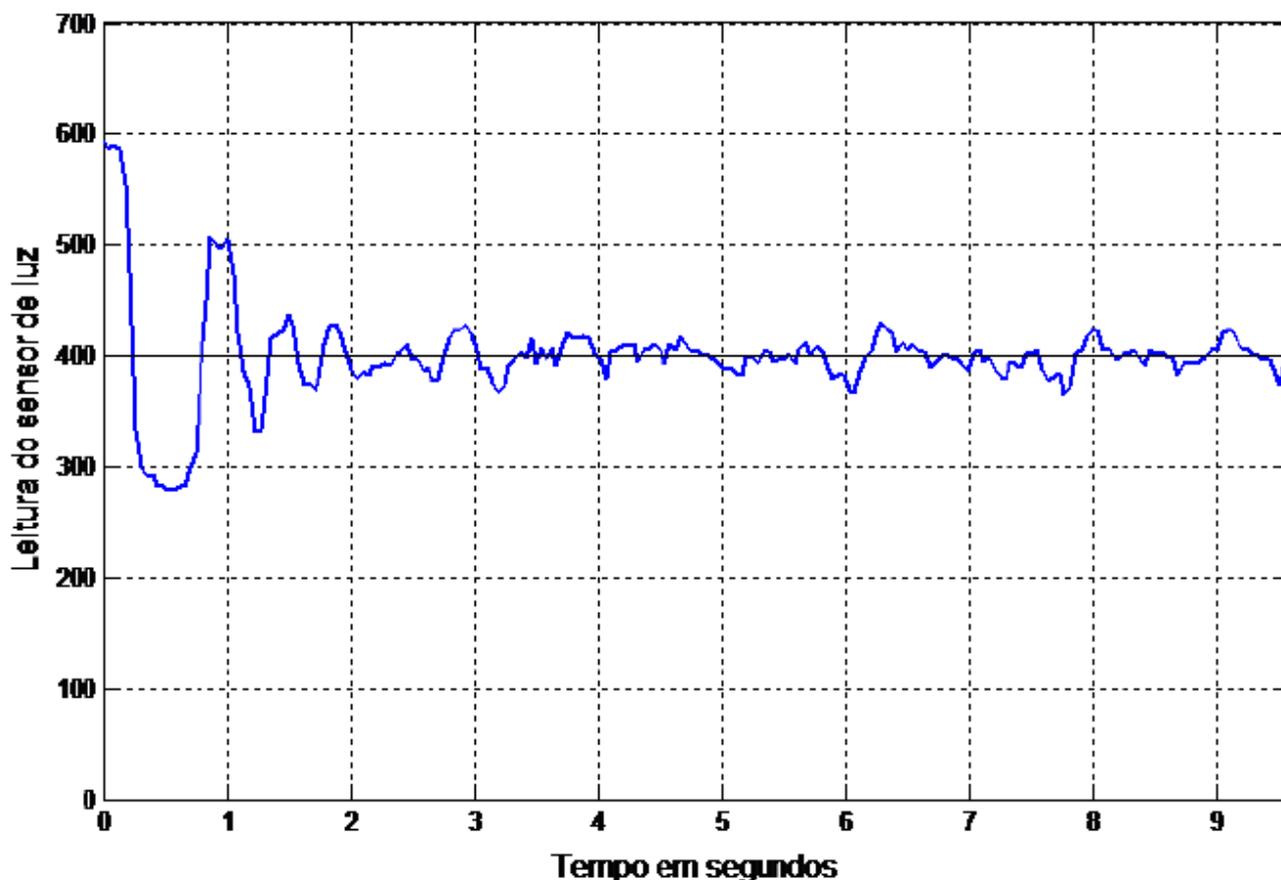
As variáveis KP, KI e KD são os ganhos dos termos proporcional, integral e derivativo respectivamente. O valor PID é somado a potência do motor esquerdo e diminuído da potência do motor direito, isso diz que o robô foi projetado para seguir a borda externa do percurso (ver figura 3) fazendo o sistema tender para a direita “entrando” no percurso. Os valores das constantes KP, KI e KD foram determinados de modo empírico onde primeiro determinou-se o valor de KP (com KI e KD iguais a zero), depois KI (com KD igual a zero), em seguida determinou-se KD.

7. RESULTADOS OBTIDOS

O sistema robótico fez este percurso em dez segundos apresentando na figura 5 o gráfico em que, em azul, temos a leitura do sensor e a linha preta a referência. Inicialmente o valor lido foi próximo de 600 implicando em uma superfície clara o que fez o robô movimentar-se procurando a borda do caminho

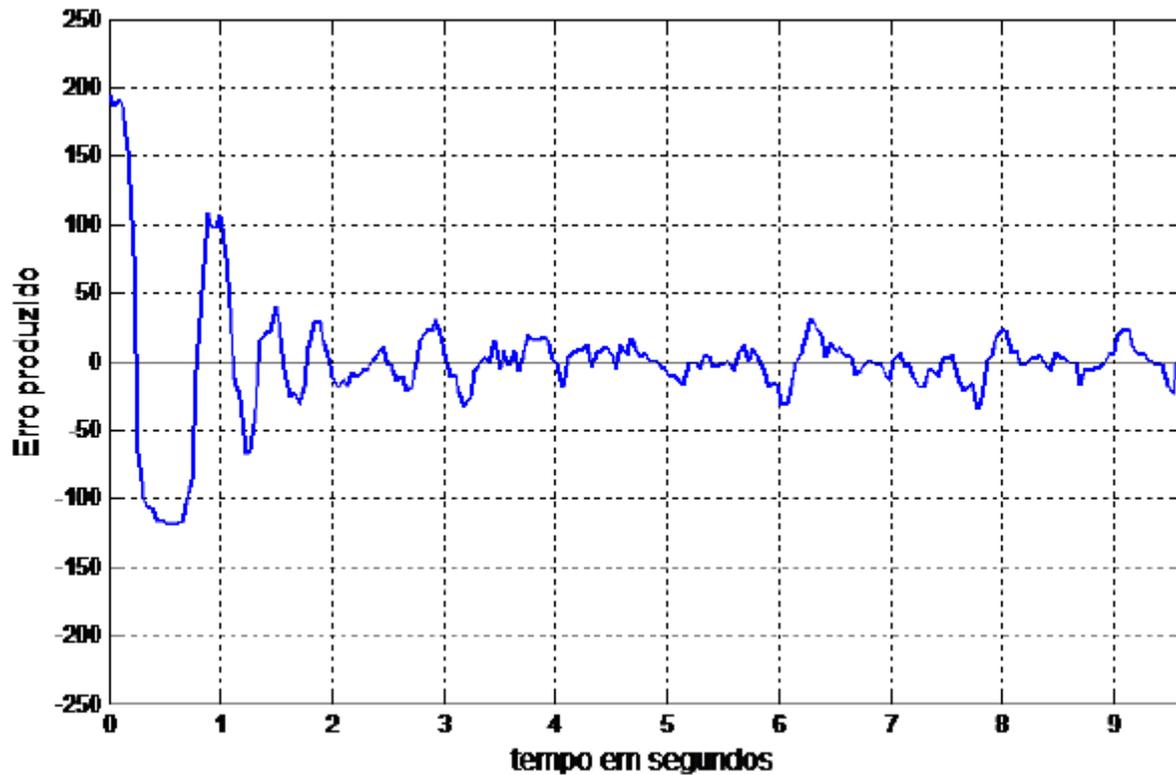
o que registrou o valor próximo de 300 indicando uma superfície escura naquele instante. O efeito do controlador neste sistema é o de diminuir essa variação, basta observar que a medida que vai passando o tempo o sistema vai tornando-se menos oscilatório o que em termos práticos diz que o sistema robótico tende a desloca-se em linha reta. Os valores da constante proporcional, integral e derivativo são 0,9, 0,005 e 0,1 respectivamente e foram encontrados empiricamente.

Figura 5 - Leitura do sensor de luminosidade



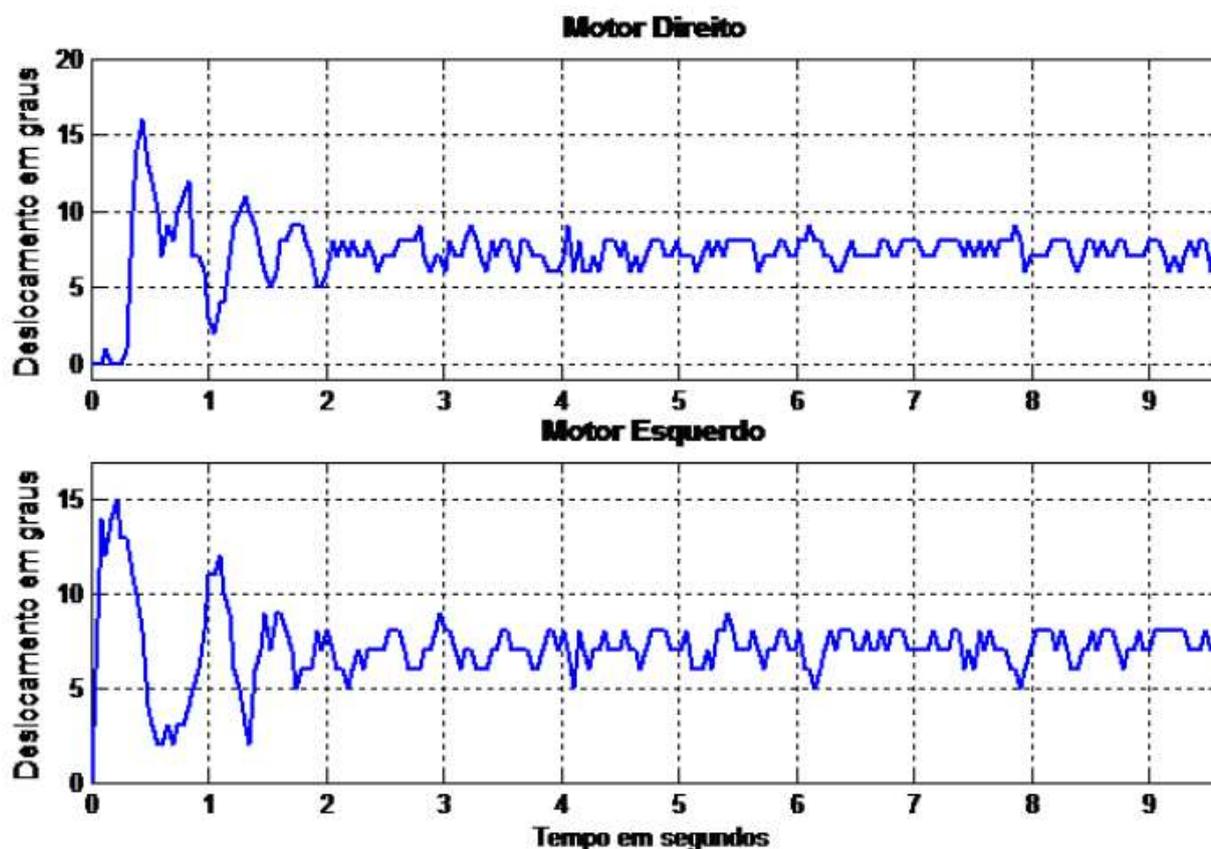
O erro, que é a diferença entre o valor de referência e o valor lido, é apresentado na figura 6. Neste gráfico fica evidente o efeito do controle no sistema em que a medida que vai atuando a oscilação do erro vai diminuindo o que implica em um deslocamento retilíneo do robô. Ao final dos dez segundos o sistema robótico tinha percorrido toda a linha reta. A captura destes dados é feita enquanto o sistema está atuando, ao final é que estes gráficos são apresentados pelo programa.

Figura 6 – Erro produzido ao seguir a linha



O registro do comportamento dos motores, em graus, é apresentado na figura 7, vemos que ambos os motores diminuem sua faixa de movimentação. Até 1 segundo temos uma amplitude de oscilação maior em ambos os motores porém começa a diminuir de forma quase exponencial, uma característica típica de um sistema com controle PID. Ao final a variação fica por volta de 1 grau para mais ou para menos em ambos os motores indicando uma movimentação mais eficiente, isso quer dizer que o sistema robótico desloca-se em linha reta aproximadamente

Figura 7 – Comportamento dos motores esquerdo e direito do sistema



8. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado a utilidade do *kit* Lego® Mindstorms® NXT 2.0 juntamente com o Matlab® como ferramenta de ensino para aplicação de conceitos básicos de controle através da programação e montagem de robôs, procurando facilitar estudos voltados a área de robótica, enfatizando a importância do conhecimento deste assunto aos estudantes, propondo uma forma mais prática e interessante de aprendizado. Os experimentos foram realizados com o objetivo de demonstrar a aplicação dos conceitos de controladores em sistemas robóticos de maneira aplicada e didática, essa junção entre as duas ferramentas atenderam satisfatoriamente a esse objetivo sendo demonstrado claramente a influência dos controladores nos sistemas propostos abrindo portas para mais experiências e aplicações de teorias avançadas de controle.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, L. R.; ARAGÃO, M. M.; ALMEIDA, R.N.C.; PINTO, V.P. Ferramenta Educacional Desenvolvida no Scilab Para Auxílio na Disciplina de Sistemas de Controle Dinâmico. XLII COGENGE – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Disponível em: <www.abenge.org.br/cobenge-2014/Artigos/130394.pdf>. Acessado dia 20/06/2015.

Behrens,A.; Atorf, L.; Til Aach,T. Teaching Practical Engineering for Freshman Students Using the RWTH - Mindstorms NXT Toolbox for MATLAB, Matlab - Modelling, Programming and Simulations, Emilson Pereira Leite (Ed.), ISBN: 978-953-307-125-1, InTech,2010. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/matlab-modelling-programming-and-simulations/teaching-practical-engineering-for-freshman-students-using-the-rwth-mindstorms-nxt-toolbox-for-matlab>>. Acessado dia 27 jan. 2015

CASTUCCI, P. L.; BITTAR, A.; Sales, R. M.. Controle Automático, Rio de Janeiro: LTC, 2011.

DORF, R. C.; BISHOP, R. H. Sistemas de Controle Modernos, 8ª edição, Rio de Janeiro: LTC, 1998.

FERRI, B.H.; AHMED, S.; MICHAELS, J.E.; DEAN, E.; GARYET, C.; SHEARMAN, S.; Signal Processing Experiments with the LEGO MINDSTORMS NXT Kit for Use in Signals and Systems Courses, American Control Conference, June 2009, Saint Louis, MO. Disponível em: <<http://www.ece.gatech.edu/research/tessal/publications/signal%20proc%20lego%20acc2009.pdf>>. Acessado dia 27 jan. 2015.

GAWTHROP, P.J.; MCGOOKIN, E.; A LEGO-based control experiment, Control Systems, IEEE , vol.24, no.5, pp.43,56, Oct. 2004. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abstractReferences.jsp?tp=&arnumber=1337857&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F37%2F29513%2F01337857>>. Acessado dia 08/06/2015.

Manual do NXT 2.0. Disponível em: <http://laranjeiras.miraflores.com.br/download/manual_nxt.pdf>. Acessado dia 10 dez. 2014.

OGATA, K. Engenharia de Controle Moderno, 4ª edição, São Paulo: Prentice Hall, 2003.

POSTAL, A.; PAETZOLD, G. H.; De Castro, J. P.; Jesuíno, T. Z. Controles Remotos Alternativos para Lego® Mindstorms® NXT 2.0. IV EPAC - Encontro Paranaense de Computação. Disponível em: <http://www.inf.unioeste.br/gpa/Publicacoes/Artigos/2011_epac_Gustavo_Tiago.pdf>. Acessado dia 10 dez.2014.

SHARAD, S.; Introducing Embedded Design Concepts to Freshmen and Sophomore Engineering Students with LEGO MINDSTORMS NXT. Microelectronic Systems Education, 2007. MSE '07. IEEE International Conference on , vol., no., pp.119,120, 3-4 June 2007. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpls/icp.jsp?arnumber=4231477>>. Acessado dia 08 jun. 2015.

Capítulo 13



10.37423/210504076

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE FLUIDOS IMÍSCIVEIS (ÁGUA-ÓLEO) EM DUTOS CIRCULARES E PLACAS PLANAS

Artur Kimura

*Centro Universitário de Volta Redonda -
UNIFOA*

Carolina Valente de Oliveira

*Centro Universitário de Volta Redonda -
UNIFOA*

Élcio Nogueira

*Universidade de Estado do Rio de Janeiro -
DEM/FAT/UERJ*



Resumo: Em muitas operações industriais encontram-se situações em que dois líquidos devem escoar simultaneamente por um mesmo duto. Nesse trabalho apresentamos um estudo analítico do comportamento do escoamento laminar completamente desenvolvido de fluidos imiscíveis (água-óleo) em placas planas e dutos circulares. O sistema empregado é o “Core Flow Lift”, que consiste em adicionar ao fluxo de óleo na tubulação um fluido de menor viscosidade, na forma de uma capa anular externa (água), o que reduz consideravelmente a resistência do óleo ao escoamento, conseguindo um ganho na relação de potência de bombeamento. Esse processo é de fácil aplicação, baixo custo e alto rendimento, possibilitando altas vazões, e já vem sendo utilizado no transporte à longa distância em algumas plantas no exterior, com sucesso. As situações físicas de escoamento entre placas planas paralelas e dutos circulares de seção circular, além de serem muito aplicadas na indústria, são as duas geometrias mais estudadas na literatura. Foram desenvolvidos os perfis de velocidades de cada fluido para diferentes campos de temperatura, partindo-se dos perfis de velocidade e das tensões viscosas na interface dos fluidos, considerando contato perfeito entre ambos os meios. Demonstra-se que existe uma temperatura ideal para redução na potência de bombeamento para duto de seção reta circular e uma temperatura limitante para sistema água-óleo em placas planas paralelas.

Palavras-chave: Escoamento laminar; Dutos circulares; Placas planas paralelas; Fluidos imiscíveis.

1 INTRODUÇÃO

O estudo de sistemas água-óleo é de fundamental importância para diversos processos industriais. Procedimentos como a recuperação secundária de petróleo e o bombeamento de óleos de viscosidade elevada, mediante a injeção conjunta de água, exemplificam situações na indústria petrolífera em que o comportamento da interface água-óleo traz importantes conseqüências para a eficiência da produção, sob o ponto de vista energético [Angeli, P., & Hewitt, G. F. (2000); Brauner, N., (2001); E. Nogueira, R. M. Cotta (1988); Hasson, D. Orell, A., & Fink, M. (1974); Vanegas Prada, J. W., & Bannwart, A. C. (1999)]. A água e o óleo, quando submetidos a processo de escoamento, formam um sistema heterogêneo composto por duas fases que apresenta entre elas uma fronteira chamada de interface, que é a superfície de separação entre as duas fases. A espessura da interface deve ser bem definida atingindo espessuras de poucos milímetros ou mesmo micron. Sendo que a disposição dos fluidos depende do tipo de escoamento. O fato de o petróleo ser, de um modo geral, mais viscoso e menos denso que a água faz com que, no escoamento simultâneo desses dois fluidos, a água apresente a tendência de se deslocar com maior velocidade em relação ao óleo. As propriedades dos fluidos (densidade, viscosidade e tensão superficial) e fenômenos físicos (temperatura, capilaridade, força gravitacional e velocidade de injeção do fluido) influenciam diretamente na resposta do sistema. Com isso constata-se que a queda na pressão e a redução na potência de bombeamento, em regime laminar, são maiores do que em condições de escoamento turbulento-turbulento. Além disso, para um núcleo altamente viscoso o regime, no núcleo, é essencialmente laminar, evidenciando que o estudo de um escoamento bifásico líquido-líquido em regime laminar é muito importante em termos teóricos quanto prático. Isto mostra um significativo aumento da taxa de transferência de calor quando uma camada de fluido de maior condutividade é inserido no escoamento [Bentwich, M. & Sideman, S. (1964); E. Nogueira, L. B. Dantas, R. M. Cotta (2002); E. Nogueira, R. M. Cotta (1990)].

O presente trabalho é uma extensão dos resultados apresentados por Nogueira (1988), com relação ao escoamento em regime laminar horizontal de fluidos imiscíveis. Nele se explora a variação da temperatura de mistura dos meios e sua influência na relação de viscosidade, água-óleo, e as consequentes variações em parâmetros associados ao regime laminar horizontal de fluidos imiscíveis em escoamento anular. É de grande interesse, teórico e prático, a obtenção da espessura do fluido externo para a condição de mínima potência de bombeamento, uma vez que esta espessura afeta significativamente a taxa de transferência de calor entre os fluidos e a parede do duto. Deve haver,

evidentemente, uma relação de compromisso entre a mínima potência de bombeamento e a máxima transferência de calor para o regime de escoamento em análise.

2 OBJETIVOS

Este trabalho visa estudar o comportamento de fluidos newtonianos imiscíveis, em condições de escoamento em regime laminar anular horizontal completamente desenvolvido (água-óleo), variando-se a temperatura de mistura, e considerando-se a conseqüente variação da relação de viscosidades. As grandezas de interesse, na análise efetuada, são: perfis de velocidade, gradientes de pressão, vazões mássicas totais constantes e vazão mássica do fluido interno constante, e as conseqüências na variação da potência de bombeamento.

3 DESENVOLVIMENTO

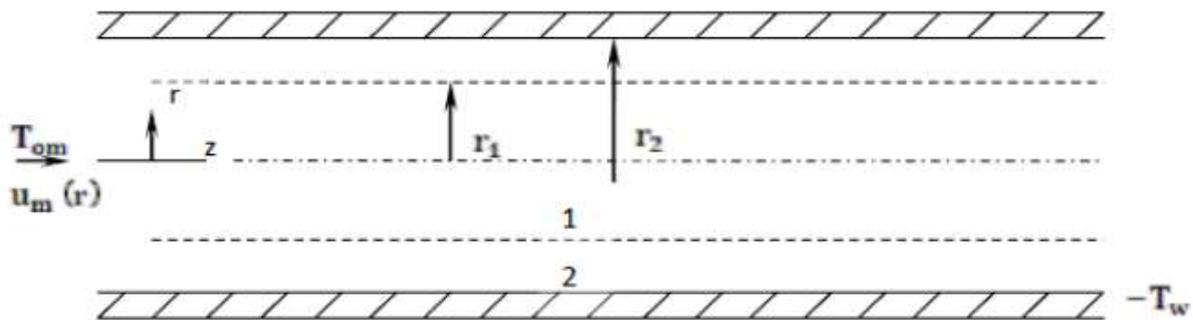


Figura 1: Representação esquemática de escoamento anular de fluidos imiscíveis

O escoamento laminar desenvolvido de fluidos Newtonianos imiscíveis em um duto (Figura 1), sem estratificação e com propriedades constantes, é analiticamente descrito pela seguinte forma já simplificada da equação de quantidade de movimento na direção axial [Nogueira (1988)]:

$$\frac{\mu_m}{r^n} \frac{d}{dr} \left[r^n \frac{du_m}{dr} \right] = -K \frac{dp}{dz} \quad (1)$$

$$r_{m-1} < r < r_m, m = 1, 2$$

$n = 0$ (Placas Planas Paralelas) e $n = 1$ (Duto de Seção Circular)

Definindo-se

$$R = \frac{r}{r_2}, \quad \delta = \frac{r_1}{r_2}, \quad \hat{\mu} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$$

Para condição de trabalho de vazões volumétricas interna e total, (Q_1 e Q^*), iguais, temos:

$$\bar{u}_1 A_1 = \bar{u}^* A \quad (2)$$

$$\frac{K}{K^*} = \frac{2\hat{\mu}}{\delta^{n+1}\{(n+3)[1+\delta^2(\hat{\mu}-1)] - (n+1)\hat{\mu}\delta^2\}} \quad (3)$$

$$\frac{w}{w^*} = \frac{K}{K^*} \left[1 + \frac{(n+3)(1-\delta^{n+1}) + (n+1)(\delta^{n+3}-1)}{\delta^{n+1}\{(n+3)[1+\delta^2(\hat{\mu}-1)] - (n+1)\hat{\mu}\delta^2\}} \right] \quad (4)$$

Considerando-se condições de trabalho Gradientes de pressão (K e K^*) iguais, temos as seguintes relações:

$$\frac{w}{w^*} = \frac{Q}{Q^*} \quad (5)$$

$$\frac{w}{w^*} = \delta^{n+1} \frac{\bar{u}_1}{\bar{u}^*} (1 - \delta^{n+1}) \frac{\bar{u}_2}{\bar{u}^*} \quad (6)$$

$$\frac{\bar{u}_1}{\bar{u}^*} = \frac{(n+3)[1+\delta^2(\hat{\mu}-1)] - (n+1)\hat{\mu}\delta^2}{2\hat{\mu}} \quad (7)$$

$$\frac{\bar{u}_2}{\bar{u}^*} = \frac{(n+3)(1-\delta^{n+1}) - (n+1)(\delta^{n+3}-1)}{2\hat{\mu}\delta^{n+1}} \quad (8)$$

Para situação onde as vazões volumétricas Q e Q^* são definidas iguais, temos as seguintes relações:

$$\frac{w}{w^*} = \frac{K}{K^*} \quad (9)$$

$$\frac{K}{K^*} = \frac{\hat{\mu}}{\delta^{n+3}(\hat{\mu} - 1) + 1} \quad (10)$$

Fator de atrito na parede é definido por:

$$\bar{\tau}_n = -\bar{f} \frac{\rho \bar{u}^2}{2Dh} \quad (11)$$

Tal que:

$$\bar{f} = \frac{2KDh}{\rho \bar{u}^2} \quad (12)$$

Encontra-se a seguinte expressão para o fator de atrito:

$$\bar{f} Re = \frac{8(n+1)(n+3)(2-n)^2}{\left[\delta^{n+3} \left(\frac{1}{\hat{\mu}} - 1 \right) + 1 \right] [\delta^{n+3}(\hat{\mu} - 1) + 1]} \quad (13)$$

De forma similar defini-se o fator de atrito interfacial como:

$$\tau_i = -\mu \left. \frac{dv}{dr} \right|_{r=\delta} \quad (14)$$

$$f_i = \frac{2KDh_1}{\rho_1 \bar{u}_1^2} \quad (15)$$

Considerando a condição de trabalho como sendo vazão mássica interna constante obteve-se:

$$f_i Re_i = \frac{16\hat{\mu}(n+1)(n+3)\delta(2-n)^2}{(n+3)[1 + \delta^2(\hat{\mu} - 1)] - (n+1)\hat{\mu}\delta^2} \quad (16)$$

4 RESULTADOS GRÁFICOS

4.1 DUTO CIRCULAR (N=1)

No sistema água-óleo para duto circular (Figura 2), quando se mantém constante a vazão mássica total, percebe-se que, à medida que se adiciona o fluido menos viscoso na parede, a potência de bombeamento vai diminuindo até alcançar o valor da relação entre as viscosidades $\hat{\mu}=0.168$, função da temperatura de trabalho.

Para gradiente de pressão constante, em certo comprimento de duto, nota se que, à medida que se adiciona o fluido menos viscoso na parede, a potência de bombeamento aumenta até o inverso da relação entre as viscosidades.

No caso em que se mantém constante a vazão do fluido interno, ocorre uma queda na potência de bombeamento quando se adiciona o fluido menos viscoso na parede. Observa-se que, à medida que se vai reduzindo a área disponível para o escoamento, a potência de bombeamento cresce, após passagem por um valor mínimo, de forma que, no limite, quando a área de escoamento tende a zero esta razão tende ao infinito.

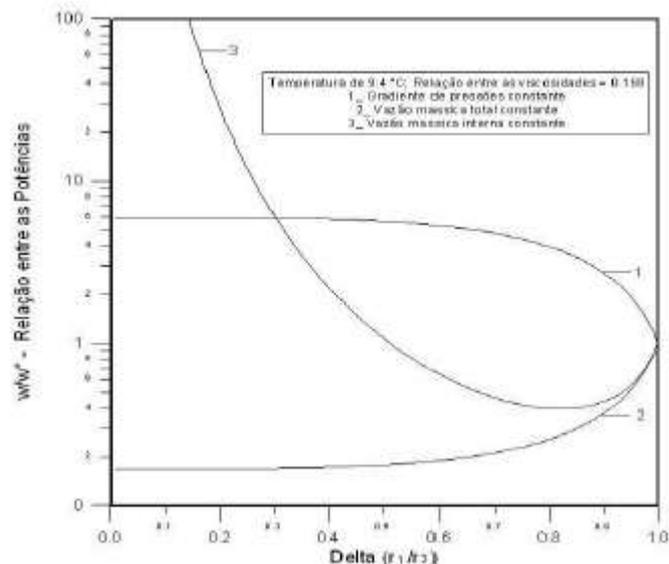


Figura 2– Relação entre as potências de bombeamento à medida que se adiciona água entre o óleo e a parede

Efetou-se uma análise, (Figura 3), a partir da condição de trabalho: vazão mássica do fluido interno constante. Como a relação entre as viscosidades depende da temperatura, efetuou-se uma análise para a potência de bombeamento para diferentes valores de temperatura; condição em que foi efetuado o levantamento e cálculo das diferentes relações entre as viscosidades. Observou-se que,

em todos os casos, qualquer que seja a temperatura, ocorre ponto de mínimo para o valor da espessura do fluido externo. Esta espessura mínima, para uma dada temperatura, é, em tese, o valor mais adequado para a espessura do filme de água entre o óleo e a parede do duto, com relação à potência de bombeamento. O aspecto mais interessante e expressivo desta análise, observado através dos resultados da Figura 3, é que há um ponto de inflexão para a temperatura, com relação ao ponto de mínimo na potência de bombeamento, ou seja, a potência de bombeamento tem, também, um ponto de mínimo com relação à variação da temperatura (Figura 4).

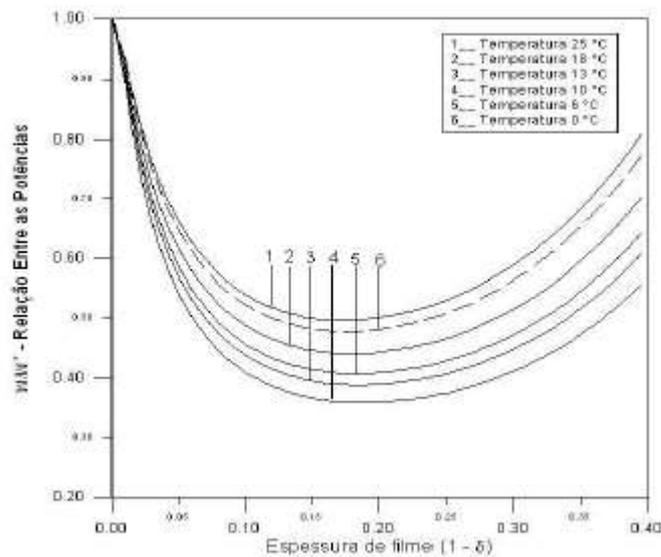


Figura 3 – Relação entre as potências de bombeamento em função da relação entre as viscosidades (água/óleo), considerando-se a fração de água entre o óleo e a parede do duto (Espessura de filme)

Portanto, a partir da Figura 3, foi efetuado o cálculo dos valores de mínima potência em função da temperatura, gerando-se a (Figura 4). Demonstra-se que a relação entre as potências é mínima próxima da temperatura de 9,4° C. Há, neste caso, uma redução de aproximadamente 64% na potência de bombeamento.

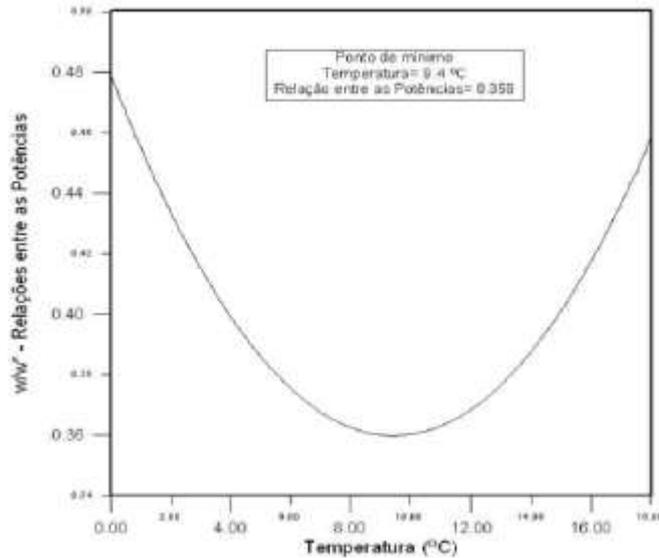


Figura 4 - Relação entre as potências de bombeamento em função da temperatura (o ponto de mínimo entre as potências de bombeamento ocorre à temperatura de 9.4 °C)

Efetou-se um estudo do fator de atrito $(\bar{f} \cdot \overline{Re})$ na parede do duto circular ao longo de delta (Figura 5), para diferentes valores de temperatura, onde se percebe que existe um ponto de mínimo para cada temperatura. Como esperado, para delta igual a zero ou delta igual a um, escoamento unifásico, temos o valor clássico da literatura $(\bar{f} \cdot Re = 64)$. Os resultados, neste caso, refletem os valores qualitativos obtidos para a potência de bombeamento e demonstram a consistência do modelo desenvolvido para duto de seção reta circular.

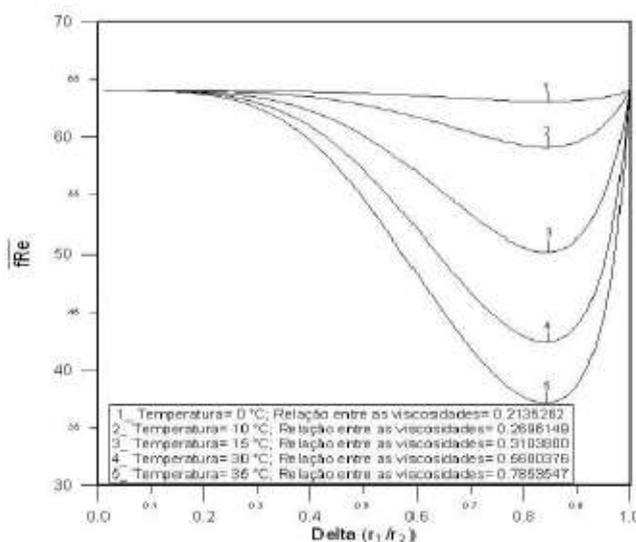


Figura 5 - Fator de atrito em função da fração do óleo no escoamento $(\delta = \frac{r_1}{r_2})$

Na (Figura 6), estudamos o fator de atrito na interface dos fluidos para diferentes valores de temperaturas. O valor do fator de atrito vai diminuindo conforme a temperatura diminui até atingir o ponto de mínimo que é de 9.4 °C. A partir deste valor, como esperado, volta a subir conforme vai ocorrendo a queda de temperatura. Para valor de delta igual a zero o fator de atrito é zero, em função da derivada da velocidade ser igual à zero no centro da tubulação. Para delta igual a 1.0 (um) temos o valor clássico do escoamento unifásico ($f \cdot Re = 64$), o que corrobora para a consistência do modelo.

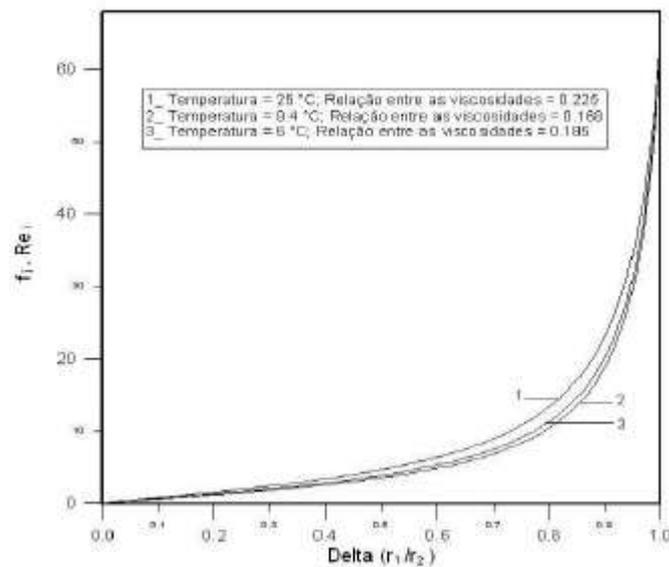


Figura 6 - Fator de atrito interfacial

4.2 PLACAS PLANAS PARALELAS (N=0)

No sistema água-óleo para placas planas paralelas (Figura 7), quando se mantém constante a vazão mássica total, percebe-se que, à medida que se adiciona o fluido menos viscoso na parede, a potência de bombeamento vai diminuindo até alcançar o valor da relação $\hat{\mu} = 0.365$, função da temperatura de trabalho.

Para gradiente de pressão constante, em certo comprimento de duto, nota-se que, à medida que se adiciona o fluido menos viscoso na parede, a potência de bombeamento aumenta até o inverso da relação entre as viscosidades. Comportamento também observado para a geometria de duto circular.

No caso em que se mantém constante a vazão do fluido interno, ocorre uma queda na potência de bombeamento quando se adiciona o fluido menos viscoso na parede. Observa-se, ainda, que, à medida que se vai reduzindo a área disponível para o escoamento, a potência de bombeamento

crece, após passagem por um valor mínimo, de forma que, no limite, quando a área de escoamento tende a zero, esta razão tende ao infinito.

Estes resultados, em termos qualitativos, já eram esperados, em função dos resultados obtidos para duto de seção reta circular.

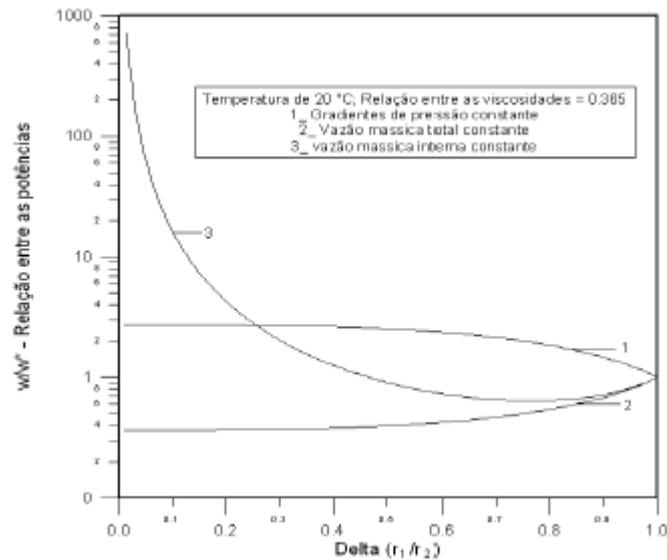


Figura 7– Relação entre as potências para várias condições de operação

Demonstra-se, na (Figura 8), que quando se utiliza a condição de trabalho de vazão mássica interna constante, para diferentes temperaturas, temos diferentes pontos de mínimo (delta), onde se tem a maior redução de potência de bombeamento. Determinou-se o ponto de mínimo, $(\delta' = \frac{r_1}{r_2})$, para diferentes temperaturas (Figura 9).

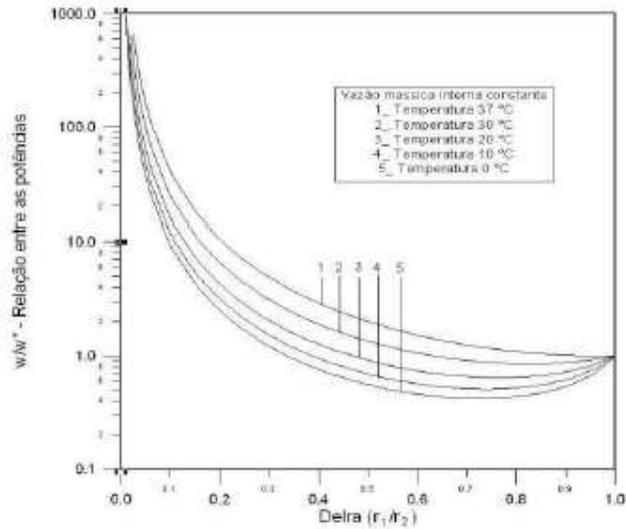


Figura 8– Relação entre as potências em função da fração de óleo no escoamento, para diferentes temperaturas.

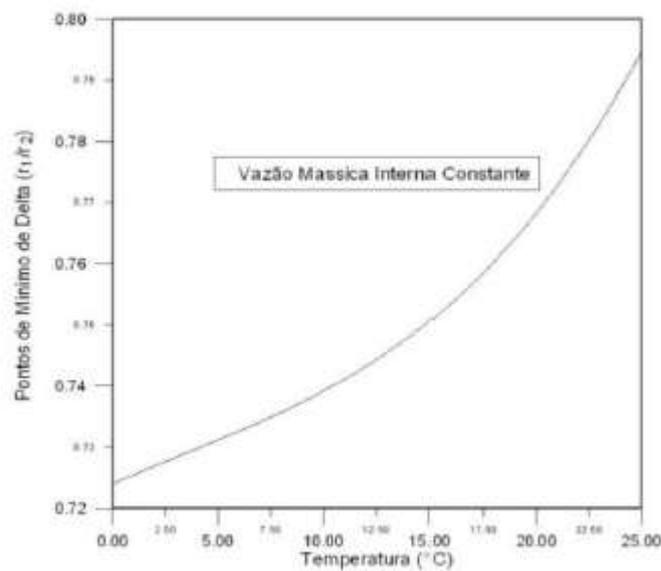


Figura 9 - Pontos de mínimo para fração de óleo no escoamento, em função da temperatura.

Efetou-se um estudo para o fator de atrito na parede, para diferentes temperaturas de trabalho (Figura 10). Observou-se que existe um ponto de mínimo para cada temperatura, e que para delta igual a zero (0.0) ou igual a um (1.0) obteve-se, novamente, como esperado, o valor de fator de atrito para escoamento unifásico ($f.Re = 96$).

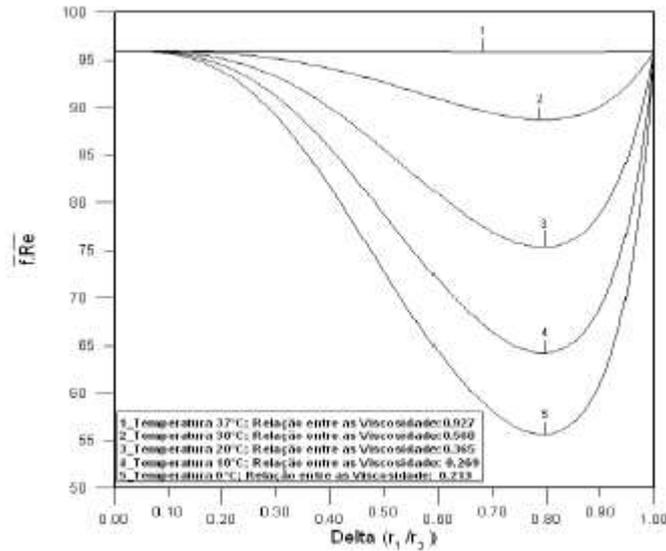


Figura 10 - Fator de Atrito em função da fração de óleo no escoamento ($\delta = \frac{r_1}{r_2}$)

Na (Figura 11), analisou-se o fator de atrito na interface dos fluidos para diferentes valores de temperaturas. O valor do fator de atrito vai diminuindo conforme a temperatura diminui. O comportamento qualitativo é similar ao já observado para duto circular. Para valores de delta igual a zero ou delta igual a um, o resultado numérico coincide com unifásico para placas planas paralelas ($f_1.Re = 96$). Observa-se que acima de 36 °C, em placas planas paralelas, não há nenhuma vantagem na utilização de água como filme, pois não há redução na potência de bombeamento.

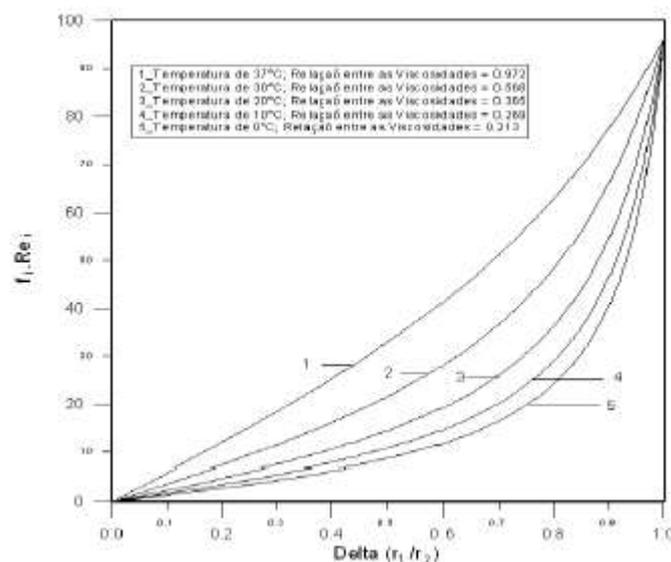


Figura 11 - Fator de Atrito interfacial em função da fração de óleo no escoamento ($\delta = \frac{r_1}{r_2}$)

5 CONCLUSÃO

Todos os resultados qualitativos e quantitativos encontrados neste trabalho estão compatíveis com o esperado fisicamente, e demonstram que o modelo desenvolvido tende para os resultados clássicos da literatura para escoamento unifásico.

A conclusão mais relevante do trabalho encontra-se no fato de que há, para escoamento em seção reta circular, uma temperatura onde a relação entre as potências de bombeamento é mais vantajosa. A temperatura, neste caso, é 9.4 °C, e a redução na potência de bombeamento é de aproximadamente 64%.

Outro ponto relevante na análise efetuada está relacionado com o fato de que há uma temperatura limitante para o uso de água como filme, para a redução da potência de bombeamento, em escoamento entre placas planas paralelas. Esta temperatura limite, para sistema água-óleo, é aproximadamente igual a 36 °C.

As situações de um mínimo valor de temperatura adequada para o melhor desempenho hidrodinâmico em dutos circulares, e uma máxima temperatura em que é desvantajoso utilizar o escoamento anular para placas planas paralelas, são absolutamente inusitadas e demandam uma análise de transferência de calor para as situações críticas, com o objetivo de se obter uma relação custo/benefício entre a potência de bombeamento e o processo de transferência de calor.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA pela bolsa de incentivo a pesquisa e o apoio para o desenvolvimento deste trabalho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angeli, P., & Hewitt, G. F. (2000). Flow structure in horizontal oil-water flow. *Int. J. Multiphase Flow*, 26, 1117-1140.
- Bentwich, M. & Sideman, S. (1964). Temperature distribution and heat transfer in annular two-phase (liquid-liquid) flow, *Canad. J. Chem. Eng.*, 9-13.
- Brauner, N., (2001), The prediction of dispersed flows in liquid-liquid and gás-liquid systems. *Int. J. Multiphase Flow*, 27, 59-76.
- É. Nogueira (1988). Escoamento laminar e transferência de calor em fluidos imiscíveis sem estratificação. Tese de Mestrado. Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA
- E. Nogueira, L. B. Dantas, R. M. Cotta. "Heat Transfer in Liquid-Liquid Annular Two-Phase Flow in a Vertical Duct". *Hybrid Methods in Engineering*, Vol. 4, pp. 1-19, 2002
- E. Nogueira, R. M. Cotta. "Heat Transfer Solution in Laminar Cocurrent of Immiscible Liquids". *Warme-Ünd Stoffübertagung*, Vol. 25, pp. 361-367, Springer-Verlag 1990
- E. Nogueira, R. M. Cotta. "Thermohydraulic Performance in Cocurrent Laminar Flow of Immiscible Liquids". *II Encontro de Ciências Térmicas – ENCIT*, 12/88, pp. 307-310, Águas de Lindóia – S.P
- Hasson, D. Orell, A., & Fink, M. (1974). A study of vertical annular liquid-liquid flow – Part I: Laminar conditions, Paper No. 5, *Multiphase Flow Systems Symp.*, Inst. Chem Engng. Symp., Ser. No. 38, 1-15.
- Vanegas Prada, J. W., & Bannwart, A. C. (1999). Pressure drop in vertical core annular flow, XV COBEM, Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Águas de Lindóia, SP, CD-ROM.

Capítulo 14



10.37423/210504100

ESTUDO SOBRE KITS DE ROBÓTICA PEDAGÓGICA ATRAVÉS DE UMA ANÁLISE COMPARATIVA TENDO COMO PARÂMETRO: CUSTOS E CARACTERÍSTICAS DE ENSINO.

Maruedson Pires Martins

Universidade Estadual de Santa Cruz-UESC

Alan Paranhos de Souza e Silva

Universidade Estadual de Santa Cruz-UESC

Danilo Leite Pontes

Universidade Estadual de Santa Cruz-UESC

Gabriel Santos Oliveira

Universidade Estadual de Santa Cruz-UESC

Robson Marinho Silva

Universidade Estadual de Santa Cruz-UESC

Adjeferson Custódio Gomes

Universidade Estadual de Santa Cruz-UESC



Resumo: Os atuais avanços tecnológicos, principalmente no que diz respeito aos temas de controle e automação, fazem com que o ensino destes temas ganhe uma importância muito grande nas instituições de educação. Porém a metodologia tradicional limita o acesso dos estudantes a este conhecimento, principalmente pelo alto custo de aquisição e manutenção dos equipamentos, tornando o contato dos alunos com esses temas quase que teórico. Mas como alternativa a este problema, foram desenvolvidos os kits de robótica educacional, que podem ser divididos em dois principais tipos: os kits proprietários, que são fechados a modificações dos alunos e de custo de aquisição ainda elevado para os padrões de ensino, e kits livres, os quais podem ser construídos pelos próprios estudantes, sendo adequado às necessidades de cada instituição. Neste trabalho busca-se fazer uma análise comparativa das características dos Kits de robótica livre e dos proprietários, enfatizando que as características técnicas influenciam diretamente no custo e na aplicabilidade do ensino.

Palavras-chave: Robótica Pedagógica, Lego Mindstorm, Kits de Robótica.

1. INTRODUÇÃO

A robótica é definida como ligação inteligente entre a percepção e ação, sendo necessário certo grau de inteligência para realização de uma determinada tarefa e envolve uma interação física entre o sistema e o meio onde a tarefa está sendo realizada [PIO et al. 2006]. Ainda de acordo com Steffen (2002) a robótica pode ser definida como uma área de conhecimento relacionada com o controle e a construção de robôs.

A robótica faz referência ao estudo e utilização de robôs ou de qualquer sistema de automação em geral. É uma área tecnológica que se utiliza da matemática, física, eletrônica e informática para realizar trabalhos de maneira autônoma e pré-programada.

Originalmente a robótica se desenvolveu embasada na necessidade de encontrar soluções adequadas para problemas técnicos, tais como acesso a ambientes confinados, reabilitação de pacientes e sondas espaciais (GARCIA et al. 2007), além de atender as necessidades industriais por quantidade de produção cada vez maiores e inalcançáveis para que somente a força do homem pudesse atendê-la.

Nesse sentido o ensino e formação de profissionais em robótica são de fundamental importância para o mundo tecnológico de hoje. A rápida evolução e sofisticação atingida pela área forçam um desafio maior na obtenção de metodologias de ensino competentes que garantam o conhecimento técnico necessário para que um país ou uma sociedade em geral alcance seus objetivos.

O ensino tradicional, voltado para resoluções de problemas teóricos de programação, pode dificultar o interesse e a criatividade na prática de funcionamento da automação. Assim a obtenção de protótipos de robótica para ensino surge como uma solução eficaz na aprendizagem, de fato, da robótica.

Portanto, a Robótica pedagógica ganha força por se tratar da aplicação da robótica na área de educação, com o objetivo de disponibilizar aos alunos a oportunidade de criar soluções voltadas ao mundo real, de forma e possibilitar o aprendizado de forma dinâmica e estimulante.

Baseado nesta metodologia de disseminação da robótica no ambiente de ensino surgiram os kits proprietários, assim chamados, que tentam tornar mais flexível a metodologia de ensino, fazendo com que os alunos tenham um maior acesso no ambiente de programação e modelagem dos robôs. Esse tipo de metodologia é uma realidade recente nas faculdades de engenharia em geral e nos cursos técnico-profissionalizantes, porém verifica-se que seu acesso é restrito em muitos desses ambientes,

devido ao alto custo na aquisição de um Kit Proprietário, a maioria deles importados (FILHO E GONÇALVES, 2008), onde podemos destacar a plataforma LEGO Mindstorms.

Nos Estados Unidos o conjunto LEGO Mindstorms, no qual o NXT está incluído, apresenta um custo em torno de US\$200,00 enquanto que no Brasil esse valor gira em torno de US\$700,00. Essa significativa diferença de preço se deve a taxas e impostos de importação, sendo, de fato, a sua utilização restrita a poucas escolas (SIPITAKIAT et al., 2004; ALVES et al., 2005; MIRANDA, 2006).

Alem dos custos de aquisição dos kits proprietários, podem-se encontrar outras limitações no que se diz respeito ao desenvolvimento dos estudantes, em relação aos conhecimentos de eletrônica. Então como alternativa a essas dificuldades encontradas nos kits proprietários, desenvolveu-se diversos kits de robótica livre/próprio (CESAR E BONILHA 2007, CESAR 2004, CESAR 2010).

Este trabalho consiste na comparação das características dos Kits de robótica livre/próprio e dos proprietários; tendo em vista que características técnicas diferentes podem influenciar no custo e na aplicabilidade do ensino de robótica.

2. ROBÓTICA EDUCACIONAL

2.1 KITS PROPRIETÁRIOS

O ensino da robótica pedagógica, com os kits proprietários, surgiu como alternativa a metodologia tradicional de ensino, trazendo maior flexibilidade. Segundo Bagnall (2007), o emprego da robótica em ambientes educacionais tem demonstrado ser uma ferramenta adequada para o desenvolvimento de atividades que envolvam criar, projetar e planejar, favorecendo assim o processo de ensino-aprendizagem e ainda ampliar a integração entre diferentes áreas de conhecimento [BAGNALL 2007].

Neste trabalho utilizaremos como referencia as características desses kits a plataforma LEGO Mindstorms, por ser uma das mais comercializadas no Brasil, plataforma esta que é uma das mais utilizadas na Feira Brasileira de Ciências e Engenharia (FEBRACE) (LOPES et al., 2003, 2004, 2005, 2006, 2007) onde diversas equipes usam em seus protótipos partes deste kit.

Uma das marcas mais conhecidas no mundo o LEGO, consiste de um conjunto de peças plásticas para a construção de modelos mecânicos, que permite a aprendizagem através da elaboração de projetos, inventando e experimentando sistemas controlados por computador, tais como robótica pedagógica. A flexibilidade e a divisão modular associada à plataforma LEGO Mindstorms permite criar rapidamente diferentes configurações, apresentando uma motivação para o público que está dando

seus primeiros passos no mundo da robótica, além disso, está adquirindo conhecimentos baseados na técnica de prototipagem rápida (RESHKO et al., 2000).

O NXT, que pode ser observado na Figura 1) é o dispositivo programável, chamado bloco lógico, que atua como a unidade de controle central de um kit e onde se encontra a tecnologia Mindstorms, que transforma modelos mecânicos em robôs e controla suas ações. O NXT amplia a possibilidades de uso do kit, permitindo aos alunos construir não apenas as estruturas e mecanismos, mas também desenvolver conhecimentos e técnicas baseadas no comportamento de sistema de controle.

A programação do tijolo é realizada em um computador pessoal utilizando uma versão da linguagem Logo, conhecida como Logo de tijolo (Logo Bricks), sendo em seguida efetuada a transferência do programa para o tijolo programável através de um cabo USB ou através de comunicação via Bluetooth. A partir deste ponto podem ocorrer duas situações: o tijolo continuar conectado com o computador pessoal e continuar trocando informações ou tornar-se autônomo e independente (RESNICK et al., 1996).

O NXT possui quatro entradas (numeradas com números de 1 a 4) e três saídas (indicados com letras de A até C). Isso significa que os blocos NXT podem coletar informações do ambiente, através de quatro sensores, e pode acionar três dispositivos de atuação. Os sensores comuns usados por esta plataforma são os sensores infravermelhos, sensores de toque e sensores sonoros. No entanto, é possível obter sensores adicionais para conectar o controlador NXT, tais como sensores de temperatura, explorando a potencialidade do LEGO Mindstorms.

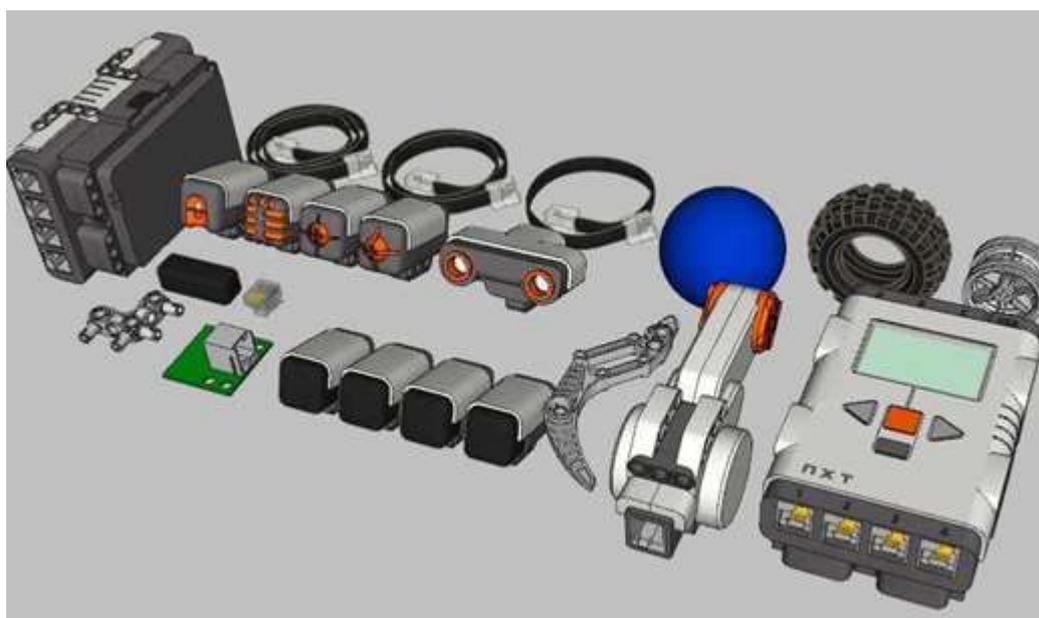


Figura 1 – O NXT com seus sensores, motores e acessórios

A plataforma oferece três motores DC de nove volts equipado com uma caixa de velocidades. A caixa de velocidades permite reduzir a velocidade angular da roda e aumentar o torque disponível, como ilustrado na Figura 1.

2.2 KITS DE ROBÓTICA LIVRE

Diversos trabalhos apresentam propostas alternativas aos kits proprietários, todos com preços que variam entre R\$ 70,00 a 150,00 em média, denominada Robótica Livre (CESAR e BONILHA 2007, CESAR 2004, CESAR 2010), os quais podem ser utilizados como ferramentas auxiliares no ensino de computação nas diversas modalidades de ensino e nos diversos cursos. A maioria dos projetos de robótica educacional pode utilizar soluções livres de hardware e software. Sobre esta nova filosofia de utilização de software livre, i.e, todo o desenvolvimento de hardware e software poderá ser encontrado para utilização, estudo, redistribuição e modificação.

Para que a filosofia do software livre possa ser empregada na Robótica Educacional é necessária a especificação de um kit de robótica educativa, com hardware e software documentados e definidos de forma didática, para que possa ser utilizado em larga escala por professores e alunos de diferentes modalidades de ensino. Além disso, é importante que exista uma retro-alimentação das experiências realizadas em sala de aula, indicando sugestões, críticas e criações realizadas na utilização dos kits, bem como fatores subjetivos observados como aumento de motivação e o estímulo da criatividade dos alunos, permitindo a criação de um ambiente de comunicação bidirecional visando à interação entre utilizadores dos kits.

De acordo com Lucena (1997) a construção de ambientes dinâmicos de aprendizagem se baseia na teoria sóciointeracionista de Vygotsky, que aponta a cooperação como fator destacado para a promoção da aprendizagem.

3 A CONSTRUÇÃO DE KITS/PROTÓTIPOS DE ROBÓTICA LIVRE

Na idealização de um protótipo de robótica pedagógica, deve se considerar os objetivos do projeto quanto ao ensino e seu custo; o que acarreta em mudanças técnicas na construção de um Kit de Robótica Livre.

Assim; aspectos como o Hardware (Circuito Eletrônico), Software e Estrutura Mecânica, utilizados - entre outros; devem ser muitas vezes diferentes, levando se em conta tais objetivos.

3.1 PLACAS CONTROLADORAS

O circuito eletrônico do Kit é talvez, o aspecto mais importante em termos técnicos e pedagógicos, já que dependendo da sua complexidade, muda-se todo um projeto.

Há no mercado inúmeras placas disponíveis para compra, entre elas o Arduíno (ARDUINO, 2009), e a GoGo (SIPITAKIAT, 2004) – entre as mais utilizadas e representadas na Figura 2). Essa última, produzida com alguns compromissos diferenciados, como simplicidade de projeto; baixo custo dos componentes; projeto e códigos abertos, o que possibilita a construção pelo próprio usuário (GOGO, 2007a.;GOGO2007b).



Figura 2 – As placa Arduíno e GoGo, respectivamente

Em se tratando de ensino da automação, o uso de micro controladores é um aspecto a se considerar, pois tais estruturas eletrônicas são de fundamental importância no processamento de dados pelo robô de forma independente, em vez de uma dependência maior do computador, para além do envio de comandos do software. Tal característica é fundamental em cursos de engenharia elétrica e mecânica que necessitam de um aprendizado mais complexo no que se refere a circuitos eletrônicos e seus componentes.

Por outro lado o ensino em escolas de nível médio e até mesmo superiores como o de Computação não requer projetos robóticos mais elaborados nesse aspecto, e assim diminuindo em custo nos seus Kits.

3.2 SOFTWARE

O software é o componente do Kit Pedagógico responsável pela comunicação entre o usuário e a máquina. Dependendo da sua complexidade e facilidade de uso, na realização do seu objetivo, pode-se mudar suas características de ensino.

Há diferentes abordagens em se tratando de programação de autômatos, onde o nível de abstração é o principal foco, isto é, dependendo da linguagem de computação utilizada com mais funcionalidades, porém mais difícil de ser implementada, resultará em um Software com um nível de acessibilidade e complexidade diferente.

O uso de uma biblioteca com funções pré-definidas para controle do hardware, para cursos que não possuem foco em programação como eletrônica e eletrotécnica, é sem dúvida essencial para tornar o processo de aprendizado mais ágil e interessante. Outro recurso algumas vezes utilizado, que requer mais investimento no projeto, é a utilização de um programa de interface controladora, onde o usuário/aluno, não necessite do acesso ao código-fonte e possa apenas manipular ícones para movimentar o robô.

Assim dependendo do foco de ensino (Computação, Engenharia ou Médio) o planejamento do software, de suas características influenciará no aprendizado de forma significativa.

Na Figura 3), segue um exemplo de interface desenvolvida para controlar um guindaste, construído como um projeto de kit próprio.

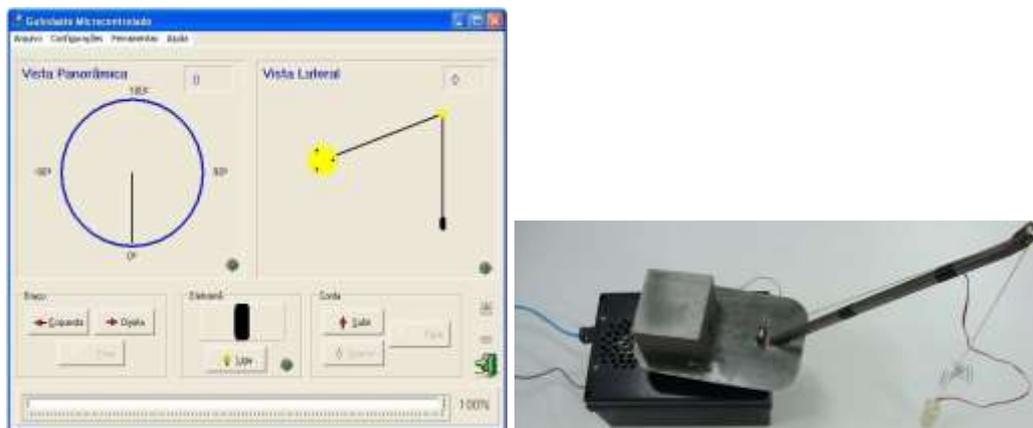


Figura 3 – Interface controladora e seu objeto controlado

3.3 ESTRUTURA MECÂNICA

É neste item que a criatividade dos alunos é estimulada, pois haverá sempre as soluções de problemas que requerem a disposição de estruturas diferentes. Assim, a construção de uma plataforma de ensino é de fundamental interesse, já que nela existirá a possibilidade de compor objetos controlados diferentes. Em vez disso o desenvolvimento de um protótipo

único (como um braço mecânico, carro, etc.) é muitas vezes mais barato e pretendido para objetivos práticos de ensino médio, onde se pretende apenas ter um referencial de eletricidade e mecânica.

Em se tratando de custo, no que se refere à estrutura mecânica do Kit, abre se aqui um importante item a se considerar: o uso de sucata eletrônica e de informática na construção de Kits pedagógicos. O aproveitamento do lixo tecnológico na construção dos objetos controlados acarreta em desafios de engenharia na adaptação e reaproveitamento de peças vistas como inutilizadas e em uma importante consciência ecológica e sustentável desenvolvida pelos alunos, se assim for estimulada pelos professores.

Há ainda componentes obrigatórios; como motores, tipo de conexão; e dispositivos extras; como sensores e inversores de frequência, etc.; que dependendo da sua natureza e presença no projeto, podem significar diferenças de custo em Kits diferentes.

4 ANÁLISE COMPARATIVA

Os kits proprietários desempenham um importante papel na disseminação do ensino da robótica. Tal visibilidade foi alcançada pela facilidade de manuseio de duas plataformas e linguagem de programação. Contudo, tais equipamentos de ensino apresentam um alto custo de aquisição, o que dificulta a sua disponibilidade em escolas públicas, por exemplo. Como alternativa surgiram os diversos kits livres, com a proposta de possuírem menor custo, tornando-os mais acessíveis as instituições de ensino como o todo.

Propõem-se aqui, portanto, a partir da comparação em termos objetivos, a análise na formação de kits de Robótica Educacional, levando se em conta os itens de sua construção (Hardware, software e Estrutura Física).

Sendo tais critérios como “Facilidade de Uso”, relacionado com o fácil manuseio pelos alunos no uso dos Kits e assim aprender de forma satisfatória. E “Complexidade”, como o nível de aprendizagem necessária e obtida no uso do Kit. O quadro comparativo encontra-se na Figura 4) a seguir.

	COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	FACILIDADE DE USO	COMPLEXIDADE	CUSTO	APLICABILIDADE NO ENSINO	
KITS DE ROBÓTICA LIVRE	PLACA	COM MICROCONTROLADOR	FÁCIL	ALTA	ALTO	ENGENHARIA/ CURSOS PROFISSIONALIZANTES	
		SEM MICROCONTROLADOR	MÉDIO	BAIXA	MEDIO	ENS. MÉDIO/FUNDAMENTAL(COMPUTAÇÃO)	
	SOFTWARE	FUNÇÕES PRÉ-DEFINIDAS DE LINGUAGEM	FACIL	MEDIA	MEDIO	ENGENHARIA	
		LINGUAGEM COMPLEXA	DIFICIL	ALTA	MEDIO	COMPUTAÇÃO/CURSOS PROFISSIONALIZANTES	
		ACESS. AO CÓDIGO FONTE	DIFICIL	ALTA	BAIXO	COMPUTAÇÃO	
		SEM ACESS. AO CÓDIGO FONTE	FÁCIL	BAIXA	ALTO	ENGENHARIA + ENS. MÉDIO/FUNDAM.	
	ESTRUTURA MECÂNICA	PLATAFORMA GERAL	FACIL	MEDIA	ALTO	ENGENHARIA	
		PLATAFORMA ÚNICA	FACIL	BAIXA	BAIXO	ENS. MÉDIO/FUNDAMENTAL	
		USO DE SUCATA	MEDIO	ALTA	BAIXO	TODOS	
		USO DE PEÇAS PRONTAS	FACIL	BAIXA	ALTO	ENGENHARIA	
		ESTRUTURA COMPLEXA	DIFICIL	ALTA	ALTO	ENGENHARIA / C. PROFISSIONALIZANTES	
		ESTRUTURA SIMPLES	FACIL	MEDIA	BAIXO	ENS. MÉDIO/FUNDAMENTAL	
	LEGO MINDSTORMS			MEDIA	MEDIA	ALTO	TODOS

Figura. 4 – Quadro comparativo de ensino, custo e aplicabilidade

Usando os parâmetros “Facilidade de Uso” e “Complexidade do Kit”, obtêm-se, enfim, uma idéia geral de quais características um Kit de Robótica Educacional Livre, deve ter para determinado ensino, antes mesmo da confecção do Protótipo.

Verifica-se a necessidade do uso de kits mais complexos e completos em aulas de automação para cursos de Engenharia, onde o entendimento em detalhes de todos os componentes e processos envolvidos na robótica é fundamental.

Em cursos de necessidades “intermediárias”, por assim dizer, como o de Computação e cursos superiores semelhantes, a partir do quadro, sugere-se um Kit com um Circuito Eletrônico mais simples (onde a dependência maior do PC será bem vinda) e com o uso de linguagens diversas em se tratando de complexidade (mais funções) e principalmente com uma liberdade de acesso ao código-fonte, com um manipulamento para além de uma interação somente com botões de interface, por parte desses alunos.

No que se refere ao uso do kit em aulas de Ensino médio e Fundamental, nas escolas, pode-se optar por um dos kits mais baratos e de simplicidade em termos de Hardware, Software e Estrutura Física.

A análise do custo demonstra que esse critério ou parâmetro, varia muito dependendo do uso e objetivo do robô. Já o Kit Proprietário Lego Mindstorms, leva desvantagem, principalmente nesse quesito.

Assim, traçando o plano pedagógico e os conceitos a serem abordados em sala de aula, cabe ao professor (que vivencia as necessidades dos alunos), e o coordenador pedagógico, encontrar o melhor protótipo de robótica educacional para as aulas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da comparação feita neste artigo pode-se notar que os kits livres são uma alternativa viável ao ensino de robótica, por possuírem um custo muito inferior aos kits proprietários. E por permitirem aos alunos uma interação maior com a construção não somente da estrutura do robô, mas também a construção dos sistemas lógicos e sensoriais, (introduzindo assim conceitos de eletrônica no aprendizado da robótica); além de formação de conhecimento nas áreas de computação e mecânica.

Todas essas considerações demonstram que esses kits são realmente educacionais, fato que não ocorre com os kits proprietários nesses termos.

Permite-se também, a partir desse estudo comparativo das características dos kits, quanto ao ensino e seu custo, inferir que há possibilidades de Kit Educacionais Livres diferentes, dependendo do plano pedagógico de ensino a ser usado.

6 REFERÊNCIAS BOBLOGRÁFICAS

ALVES, A. C.; BLINKSTEIN, P.; LOPES, R. D. Robótica na periferia? Uso de tecnologias digitais na rede pública de São Paulo como ferramentas de expressão e inclusão. In: XI WIE - Workshop sobre Informática na Escola, 2005, São Leopoldo. Anais do XI WIE – Workshop sobre Informática na Escola (SBC), 2005 CD-ROM.

ARDUINO (2009) “Open-source physical computing platform”. Disponível em:

<<http://www.arduino.cc>>. Acesso em: 30-07-2009.

BAGNALL, B. (2007). Maximum Lego NXT: Building Robots with Java Brains. Variant Press.

CESAR, D. R. (2004). Robótica Livre: Soluções tecnológicas livres em ambientes informatizados de aprendizagem na área da Robótica Pedagógica. In Anais do Simpósio sobre Trabalho e Educação, São Paulo, SP, Brasil.

CESAR, D. R. (2010). Projeto robótica livre. <http://www.roboticalivre.org>.

CESAR, D. R. e Bonilha, M. (2007). Robótica Livre: Implementação de um Ambiente Dinâmico de Robótica Pedagógica com Soluções Tecnológicas Livres no CEFET em Itabirito

- Minas Gerais - Brasil. In Anais do XXVII Congresso da SBC - XIII Workshop de Informática na Escola, São Paulo, SP, Brasil.

DANTE A. MEDEIROS FILHO, PAULO C. GONÇALVES. Robótica Educacional de Baixo Custo: Uma Realidade para as Escolas Brasileiras. Belém do Pará. Pará. Congresso da SBC. 2008

FILHO, D. M. E GONÇALVES, P. (2008). Robótica Educacional de Baixo Custo: Uma Realidade para as Escolas Brasileiras. In Anais do XXVIII Congresso da SBC - XIV Workshop de Informática na Escola, Belém, PA, Brasil.

GARCIA,E., JIMENEZ, M., DE SANTOS, P., E ARMANDA, M. (2007). The Evolution of Robotics Research. IEEE Robotics and Automation Magazine, 14(1):90–103.

GOGO, GoGo Board. 2007a. Disponível em: <<http://www.gogoboard.org>>. Acesso em 05/11/2007.

GOGO, GoGo Board Source Code. 2007b. Disponível em:

<<http://code.google.com/p/gogoboard/>>. Acesso em 05/11/2007.

LOPES, R. D; FICHEMAN, I.K; ALVES, A.C.; SAGGIO, E. (Org.). Feira Brasileira de

Ciências e Engenharia. Anais FEBRACE 2007. São Paulo. Disponível em: Disponível em: <http://www.lsi.usp.br/febrace/sobrefebrace/historia/anaisfebrace2007.pdf> Acesso em: 05 nov. 2007.

LOPES, R. D; FICHEMAN, I.K; ALVES, A.C.; SAGGIO, E. (Org.). Feira Brasileira de

Ciências e Engenharia. Anais FEBRACE 2006. São Paulo. Disponível em:

<<http://www.lsi.usp.br/febrace/sobrefebrace/historia/anaisfebrace2006.pdf> Acesso em: 05 nov. 2007.

- LOPES, R. D; FICHEMAN, I.K; ALVES, A.C.;FILHO,I.L. (Org.). Feira Brasileira de Ciências e Engenharia. Anais FEBRACE 2005. São Paulo. Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/febrace/sobrefebrace/historia/anaisfebrace2005.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2007.
- LOPES, R. D; FICHEMAN, I.K; ALVES, A.C.;FILHO,I.L. (Org.). Feira Brasileira de Ciências e Engenharia. Anais FEBRACE 2004. São Paulo. Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/febrace/sobrefebrace/historia/anaisfebrace2004.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2007.
- LOPES, R. D; FICHEMAN, I.K; ALVES, A.C., (Org.). Feira Brasileira de Ciências e Engenharia. Anais FEBRACE 2003. São Paulo. Disponível em: <<http://www.lsi.usp.br/febrace/sobrefebrace/historia/anaisfebrace2003.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2007.
- LUCENA, M. Um modelo de Escola Aberta na Internet: Kidlink no Brasil. Rio de Janeiro. Ed. Brasport. 1997.
- MIRANDA, L. C. RoboFácil: Especificação e Implementação de Artefatos de Hardware e Software de Baixo Custo para um Kit de Robótica Educacional. Rio de Janeiro. 2006.
- 124 f. Dissertação (Mestrado em Informática)-Instituto de Matemática, Núcleo de Computação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- PIO, J. L., CASTRO, T., AND CASTRO, A. (2006). A robótica móvel como instrumento de apoio à aprendizagem de computação. In XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, pages 197–206.
- RESHKO, G., MASON M., NOURBAKHS R., Rapid Prototyping of Small Robots. Technical report. Carnegie Mellon University.2000.
- RESNICK, M. MARTIN, F.; SARGENT, R.; SILVERMAN B. Programmable Bricks: Toys to Think With. IBM Systems Journal, vol. 35, no. 3-4, pp. 443-452, 1996.
- SIPITAKIAT, A.; BLIKSTEIN, P.; CAVALLO, D. (2004) “GoGo Board: Augmenting Programmable Bricks for Economically Challenged Audiences”, In: Proceedings of the Int. Conf. of the Learning Sciences (ICLS 2004), Los Angeles, USA.
- STEFFEN, HELOISA HELENA. (2002), Robótica pedagógica na educação: Um recurso de comunicação, regulação e cognição, em ‘Dissertação de Mestrado em Ciências da Comunicação. Escola de Comunicação e Artes, Universidade de São Paulo, SP, 2002.
- http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/teses/helo_robotica.pdf.

Capítulo 15



10.37423/210504084

USER INTERFACE (UI): UM ESTUDO DE INTERFACES CONVERGENTES PARA INTERNET DAS COISAS (IOT)

Marcelo Falco

Universidade Anhembi Morumbi

Lucca Manfredi

Universidade Anhembi Morumbi



Resumo: Esta pesquisa nasce de um projeto de Iniciação Científica com os alunos do curso de Design Digital da Universidade Anhembi Morumbi (UAM) que consiste em conceber interfaces interativas ideais para os alunos acessarem as informações sobre o curso. Por meio de pesquisa realizada com os usuários do atual aplicativo da Universidade, identificou-se problemas de interface, que não se resumem somente as questões estéticas inerentes a Direção de Arte, mas sim, a diversas correções de usabilidade e ergonomia que impactam no Design de Navegação, Design de Informação e Design de Interação. Este projeto, em andamento, identificou uma expectativa dos usuários em expandir o acesso as informações para outras interfaces além do atual aplicativo para smartphone e sendo assim, os espaços de uso comum dos alunos abrem um vasto campo de possibilidades para esta pesquisa, que decidiu desenvolver uma interface para Internet das Coisas (IoT), que consiste em um espelho interativo que oferecerá dados e informações necessárias e complementares para a vida acadêmica e vivência universitária. Por fim, todas as questões quantitativas e qualitativas identificadas durante os métodos de investigação serão prototipadas seguindo as metodologias de *User Interface* (UI) e *User Experience* (UX) estabelecidos pela Nielsen Norman Group (2019), elas foram fundamentais para a elaboração de *guideline* autoral de *User Interface* (UI) convergente com a Internet das Coisas (IoT).

Palavras-chaves: design, user interface (ui), aplicativos convergente, internet das coisas (iot).

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa, em andamento, nasce de um projeto de Iniciação Científica com os alunos do curso de Design Digital da Universidade Anhembi Morumbi, usuários de aplicativos e estudantes de design, que identificaram no atual Portal do Aluno, chamado Sou Anhembi (figura 1), um aplicativo desenvolvido para smartphone que oferece para os alunos informações gerais sobre o curso e universidade problemas de usabilidade e interface, que não se resumem somente as questões estéticas inerentes a Direção de Arte, mas sim, diversas correções de usabilidade e ergonomia que impactam no Design de Navegação, Design de Informação e Design de Interação. Conceitos esses, que estão correlacionados e foram colocados para pesquisa com demais alunos do curso e da universidade.

Figura 1: Interface gráfica do aplicativo para smartphone - #SouAnhembi.



Os alunos contemplam o público-alvo primário deste produto, em sua maioria, composto por pessoas da Geração Z, que nasceram com à expansão exponencial da internet e dos aparelhos tecnológicos, denominadas de Nativos Digitais ou *Heavy Users* de internet e jogos digitais. Em entrevista ao Jornal da Globo, em novembro de 2010, o educador e filósofo, Mário Sérgio Cortella esclarece que “essa geração atual não compreende a si mesma sem que haja digitalização do mundo e das relações da vida. Ela não se compreende e não compreende a vida fora disso”, neste contexto itens como ler jornal

e fumar tem baixa procura por este público, mas itens como atividades físicas, perfil em redes sociais e utilização de celulares são extremamente predominantes.

Gera-se a necessidade de repensarmos o papel dos tradicionais usuários de sites, que atualmente estão acostumados com uma navegação linear entre páginas e utilizam o Desktop como primeira tela, e passamos então, a realizar uma analogia ou transposição para o universo dos games, que conforme Vianna (2013), podem ser categorizados como usuários predadores, conquistadores, socializadores ou exploradores. Algumas escolas já trabalham com os conceitos e metodologias de Gamificação, que consiste em utilizar recursos de jogos em outros contextos para potencializar a imersão do usuário, engajar pessoas, resolver problemas e melhorar o aprendizado. Como por exemplo, no Portal do Aluno da Escola de Jogos, Arte e Design SAGA (figura 2) e aplicativos de aprendizagem, como por exemplo o Duolingo (figura 3) que utiliza dessa metodologia para o ensino de idiomas.

Figura 2: Elementos de gamificação aplicados no Portal do Aluno da Escola SAGA.

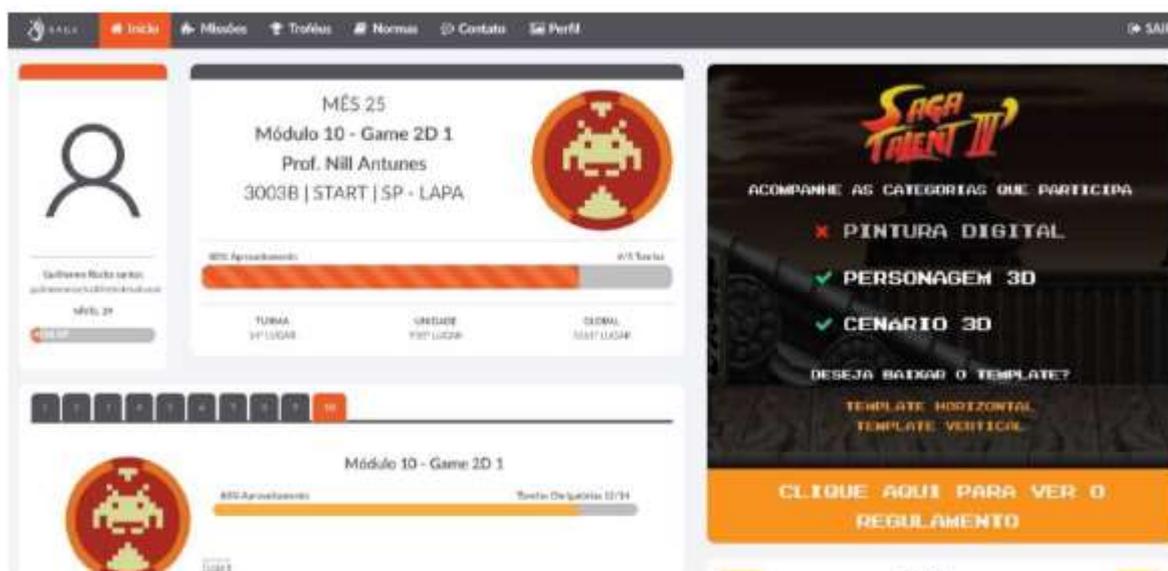
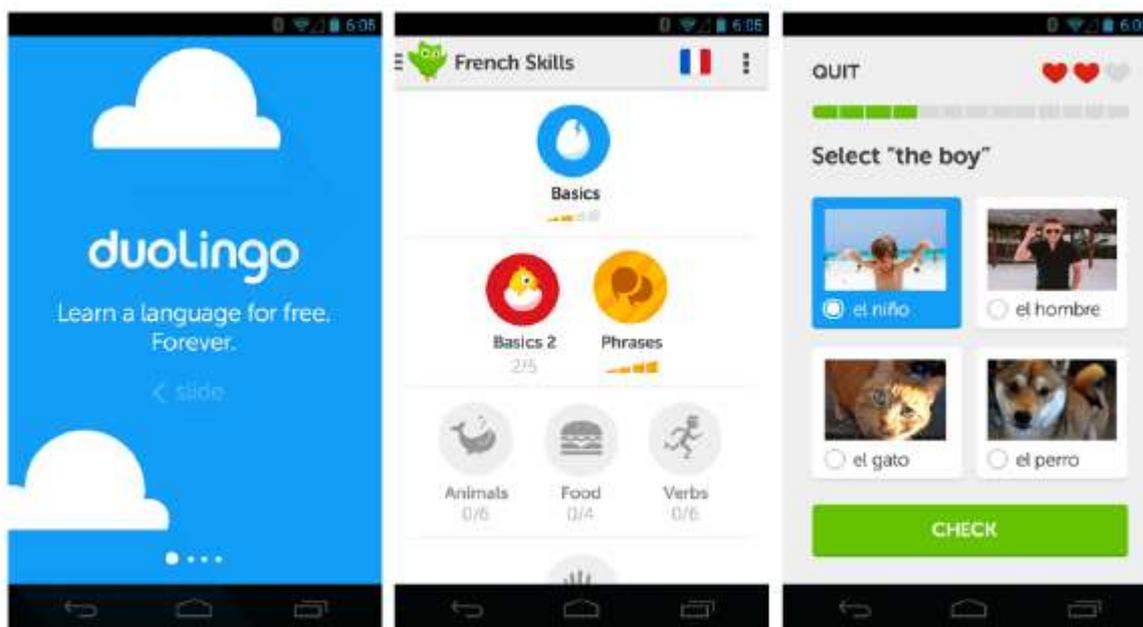


Figura 3: Interfaces do aplicativo gamificado de aprendizagem Duolingo.



Se expandirmos este conceito, podemos chegar na convergência com outras interfaces, como por exemplo a realidade aumentada (AR), realidade virtual (VR) ou na Internet das Coisas (IoT)¹, em outro projeto realidade pelos alunos do mesmo curso, o Trabalho de Conclusão de Curso chamado Foster Books (figura 4) faz uso da convergência de mídias entre um livro físico, um dispositivo com sensores e um aplicativo para desktop ou tablet, visando aprimorar a experiência de leitura para públicos nativos digitais, fazendo o uso da narrativa interativa. Segundo Jenkins (2008), a convergência altera a relação entre tecnologias existentes, indústrias, mercados, gêneros e públicos pois refere-se a um processo e não a um ponto final.

Figura 4: Interfaces do projeto acadêmico Foster Books dos alunos de graduação em Design Digital da Universidade Anhembi Morumbi.



Lucena² (2011), em entrevista para o jornal O Globo, afirmou que o momento pedia a criação de aplicativos e ferramentas para que os consumidores vivenciassem a experiência de compra em qualquer lugar, e afirmava “A era do conhecimento e da internet exige soluções inteligentes, que farão parte de um ambiente multiplataforma”. Atualmente, a ciência de materiais, as interfaces de máquina, a análise, a eficiência e a acessibilidade, e não apenas o custo ou poder dos componentes, definirão os produtos inovadores do futuro (Turion, 2017)³, onde a disrupção está acontecendo em todos os lugares e com todos. Considerando que até 2020, segundo Vekony⁴ (2017) 85% das grandes organizações mundiais terão elementos de gamificação em suas operações.

Com essa necessidade e os constantes avanços tecnológicos, passou a ser discutido o conceito de Internet das Coisas, que visa conectar não só os computadores, mas também os objetos do uso diário à internet, como forma de facilitar a interação do usuário com os objetos e com o mundo exterior. Entender essa tecnologia e o comportamento do usuário é fundamental para criar produtos que tenha conexão relevante sem perder a essência da sua função. Segundo Don Norman (1998):

Bom design é atualmente muito mais difícil de perceber do que o design pobre, em parte porque o bom design se encaixa às nossas necessidades tão bem que é invisível, nos servindo sem chamar atenção para ele mesmo. Design ruim, por outro lado, grita suas inadequações, fazendo ele mesmo muito chamativo.

Um dos ideais da IoT é gerar conectividade com objetos do nosso cotidiano, utilizando do conceito de Computação Ubíqua, criado em 1991 por Mark Weiser, onde o objetivo é unir computação móvel com a computação pervasiva de forma discreta, ou seja, conectar os itens do cotidiano a internet sem ser chamativo ou que possa ser facilmente percebido pelo usuário.

2 MÉTODOS ADOTADOS

A pesquisa segue métodos, princípios e heurísticas de Design estabelecidos pela Nielsen Norman Group (2019) e, todas as soluções que forem prototipadas durante os métodos de investigação quantitativas e qualitativas para a elaboração das etapas de *User Interface* (UI) convergente com a Internet das Coisas (IoT) serão colocados em teste de usabilidade, para os alunos público-alvo da pesquisa.

Primeiramente, foram realizadas entrevistas com alunos/usuários da Universidade Anhembi Morumbi, relatando entre elas algumas facilidades, possíveis dificuldades e quais seriam as suas funcionalidades favoritas em um dispositivo para Internet das Coisas (IoT). Alguns itens foram destaques na pesquisa e levadas em consideração durante todo o processo, por exemplo a preocupação com a segurança das informações prevaleceu em comparação a uma possível dificuldade de interação com a nova interface, quando questionados sobre o conteúdo e informação, destaca a preocupação em saber as notas, faltas e onde serão as aulas, na última questão onde foi indagado o que geraria estímulo para buscar uma nova interface, a praticidade de uso sobressai perante qualquer novidade tecnológica, deixando claro a importância da usabilidade e ergonomia neste projeto, que é considerada um propósito que tem o objetivo de garantir que o produto seja fácil de usar, eficiente e agradável (Preece et al, 2013).

Durante as entrevistas, foi possível coletar dados quantitativos e qualitativos dos usuários, questões como o que gosta e não gosta do aplicativo #SouAnhembi, quais são as funções mais importantes, se usaria um dispositivo IoT com interação por meio de conectividade com outros dispositivos, entre outros.

Foram totalizadas 21 respostas, e além dos gráficos, foi possível obter alguns feedbacks, como por exemplo:

- Ainda existe uma parte de alunos que, mesmo baixa, não utiliza o aplicativo.
- O aplicativo é entrega muitas informações de uma vez, confunde o usuário.

- As informações da versão para Desktop não dialoga com a versão para Smartphone.
- Não foi considerado um aplicativo intuitivo, apresentou dificuldades para encontrar conteúdo e entender as funcionalidades.
- Não foi considerado um aplicativo efetivo, fazendo com que o usuário por diversas vezes precisasse recorrer ao atendimento presencial, por não ter conseguido por meio do atendimento digital.
- Os itens mais acessados são os horários e notas das aulas, e o acesso aos boletos das mensalidades.

Baseado em processos de UX (User Experience) desenvolvido por Don Norman, após esta pesquisa, foi definido o público-alvo primário e uma persona que nos auxiliou a entender e visualizar como seria a interface capaz de gerar mais empatia com o usuário e como a integração do aplicativo deveria funcionar com a Internet das Coisas. O público-alvo então foi ambientado na Universidade, sendo alunos que precisam acessar informações rápidas de forma eficiente, sendo eles de qualquer curso e qualquer campus. A persona criada com base nas respostas obtidas pela pesquisa foi a Júlia.

Júlia Rizzi, tem 19 anos, é uma caloura do curso de design de interiores e está em seu primeiro dia de aula. Ela não trabalha, e sendo assim pode chegar mais cedo na Universidade. É uma pessoa muito ansiosa, com dificuldades e muitas dúvidas sobre a vida universitária. Ela gosta de desenhar e sempre gostou de decoração. Tem como hobbies artesanato, desenho livre, além de ser bem conectada nas redes sociais e aplicativos para ajudar nas tarefas do dia-a-dia.

Como uma das necessidades identificadas foi a praticidade e a facilidade de acesso às informações, um dos objetos pensados para gerar interação e integração entre o aplicativo e a Internet das Coisas foi um espelho, que poderia ficar localizado em diversos ambientes, mas que a princípio a sugestão seria aloca-lo na biblioteca, por ser um local de fácil acesso e onde as pessoas costumam buscar informações.

Como método para estudar e identificar a rotina do usuário, assim como ele irá interagir com as interfaces logo após chegar na Universidade, criamos uma jornada do usuário⁵, ela foi elaborada por meio de um roteiro e um *storyboard* (figura 5) visando gerar uma experiência mais eficaz para a Júlia, a nossa persona fictícia.

Figura 5: Quadros do storyboard que ilustra a jornada do usuário e a sua interação com a interface de IoT.



01. É o primeiro dia de aula, uma aluna está procurando sua sala, mas não encontra, confusa nos corredores da faculdade.



02. Começa a ficar nervosa, correndo de um lado para o outro, enquanto procura por sua sala.



03. Então ela desiste, abraça seu fôlego enquanto o cenário a sua volta escurece.



04. Outro dia, a mesma aluna novamente perdida procurando por sua sala



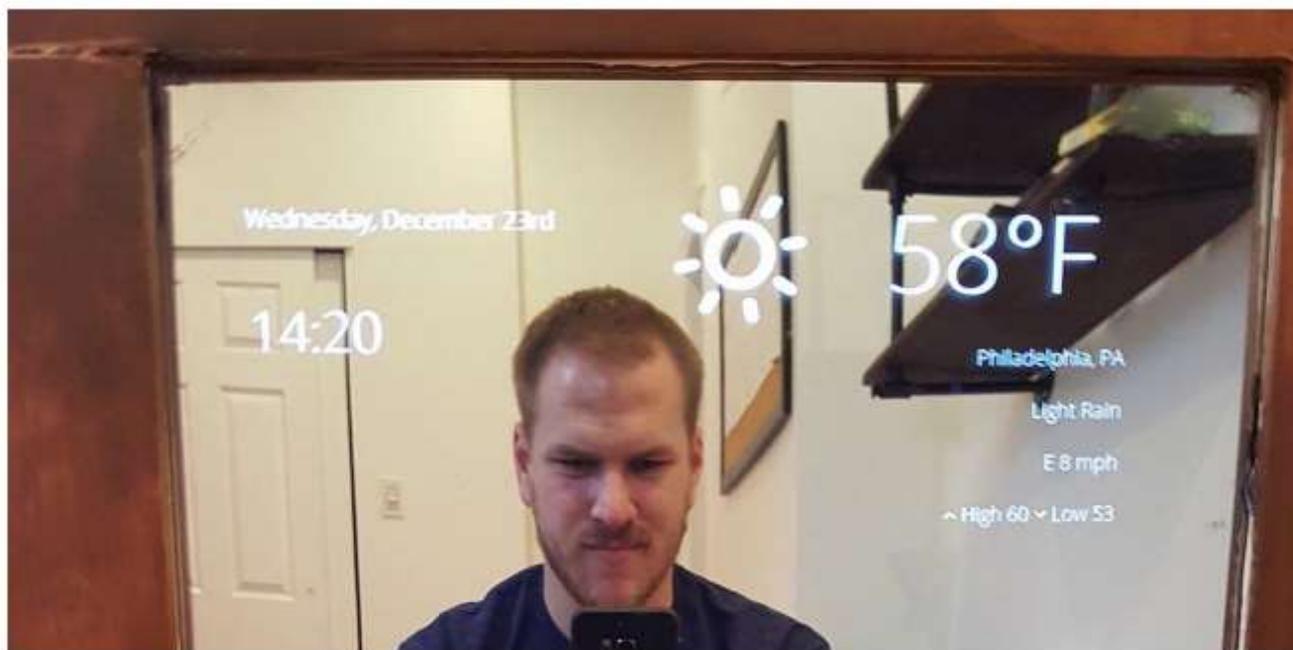
05. Quando está pensando em novamente desistir, encosta sem querer em uma superfície de tecnologia IoT. A superfície se ativa e chama sua atenção.



06. Ela então percebe que o dispositivo continha um tipo de mapa da instituição, que indica em qual sala ela deveria estar neste momento.

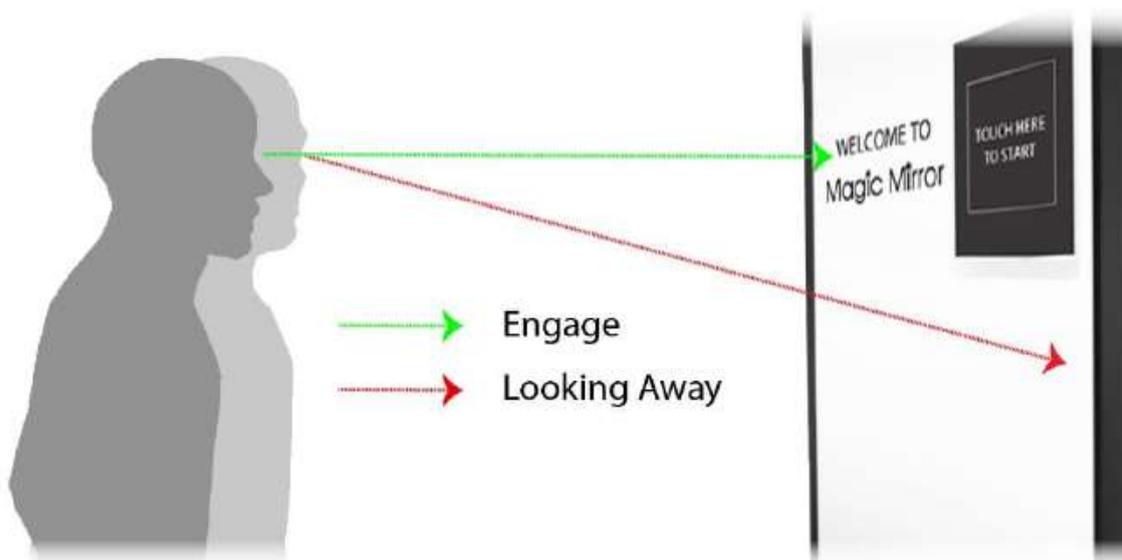
Seguindo os quadros do storyboard, primeiramente ela está procurando a sua sala de aula, por ser uma pessoa nova tem muita dificuldade para encontrar, esse problema tende a acontecer diversas vezes com os alunos calouros. Ao visitar a biblioteca, ela será apresentada para o espelho interativo, esta apresentação pode ocorrer por intermédio de colegas de sala, professores ou comunicação interna. O espelho, assim como os elementos gráficos apresentados nele, foram baseados na referência do protótipo criado pelo designer Dylan Pierce (2015) na Philadelphia/USA (figura 6).

Figura 6: Interface interativa para Internet das Coisas (IoT), similar a um espelho.



Referente as questões ergonômicas e de usabilidade, foi necessário estudar como o usuário deverá se posicionar em frente ao espelho, para assim, conseguir ler e acessar as informações que serão apresentados por ele. Neste sentido, utilizamos como objeto de estudo a empresa britânica Magic Mirror, que utiliza em seus produtos uma aplicação de rastreamento da face capaz de retornar dados de leitura sobre a aparência ou o estado das propriedades faciais de um usuário (figura 7).

Figura 7: Posicionamento e relação de interação entre o usuário e a interface digital para Internet das Coisas (IoT).



Para elaborar a interface ideal do espelho para os alunos da Universidade, buscamos *guidelines* (Guias de Estilo) existentes para as boas práticas do design. “Tudo sobre a experiência do usuário precisa resultar de uma decisão consciente” (Garrett, 2003, p. 19). Entretanto, neste momento, identificamos que não existe um padrão de design para projeção em vidro, espelhos e demais telas capazes de nos guiarmos. Sendo assim, a criação de uma lista de elementos de User Interface (UI) tornou-se o principal objetivo de criação, pois passou a ser o material essencial para aplicação do design de interface IoT.

3 RESULTADOS

Como ponto de partida, fomos buscar *guidelines* que mais se aproximavam a interface que buscávamos produzir, chegando assim aos elementos de design adotados pelos sistemas de televisão no Brasil e no mundo, primeiramente pela aplicação num dispositivo de dimensões similares e também pela forma como o design é aplicado sobre imagens ao vivo, reais, em movimento, além dos reflexos de iluminação que impactam mais essas telas de maior proporção.

O primeiro *guideline* analisado foi o da emissora BBC de Londres, os pontos importantes levantados para esta pesquisa foram: Margem de segurança, cores e tipografia. A emissora possui margem para textos e para imagens, de forma que auxilie no respiro do conteúdo quanto as bordas do dispositivo. Sobre as cores, o manual alerta para a densidade pixel diferente da televisão para dispositivos mobile, uma vez que o alto brilho emite cores mais vivas e fortes, ou seja, é recomendado não usar cores em 100%. Por fim, é abordado a tipografia da emissora, embora tenha uma fonte específica, não é recomendado o uso de textos com fontes serifadas e peso light devido a quantidade de conteúdo na tela e as cores emitidas, além dos textos terem um tamanho grande o suficiente para serem lidos enquanto a programação é exibida.

O segundo *guideline* estudado foi o sistema de televisão da Amazon, o Amazon Fire. Dentre todos os tópicos existentes no manual, os abordados foram, também, a zona de segurança, cores e tipografia. A empresa recomenda uma margem de 5% entre a borda e o seu conteúdo, embora itens selecionados possam ocupar até 90% da zona de segurança. Sobre as cores, é explicado o alto contraste que elas têm, ao contrário de computadores, também mostra que a gama de cores é menor do que dos computadores, sugerindo o uso de cores mais frias. O manual explica também que devido a televisão ser vista do outro lado da sala, os textos devem ser grandes e curtos, objetivos.

Em seguida, foi abordado o manual da Apple, o tvOS, onde foi estudado a respeito de imagens e ícones, e tipografia. A Apple pede que os ícones sejam objetivos, que capturem facilmente a atenção dos

usuários, de forma que eles possam reconhecer facilmente a figura, com o background o mais simples possível e usar textos apenas quando for essencial. Já sobre a tipografia, é levantado a minimização dos textos que precisam ser curtos e devem possuir sua descrição no sistema para a leitura de voz.

Também para estudo dos ícones, foi estudado o guideline de TV da Mozilla. Ele sugere que sejam desenvolvidos num formato de 336px x 336px, mesmo numa forma circular, deve atingir as bordas dessa medida. Utilizando de background simples e ícones de fácil entendimento.

Por fim, o material analisado para este estudo de IoT foi o Material Design da Google para o Android TV. O guideline alerta para o uso das cores, aconselhando a usar cores de dois a três níveis mais baixos do que as cores normalmente usadas em dispositivos mobile, ou usar cores entre 700 - 900 na escala de cores da paleta do Google. Também diz a respeito do branco, que não deve ser aplicado 100%, #FFFFFF na escala RGB, mas sim #EEEEEE. O Material Design foi o material mais completo estudado, sendo a principal referência nesta pesquisa, tanto para o design quanto sua interação.

A partir de todos esses aspectos analisados, foi desenvolvido a primeira versão do guideline que será aplicado num protótipo para testes com o usuário para validar todo o conteúdo, que contempla: Margem de Segurança, Cores, Tipografia, Ícones, Botões, Cards e Pop-ups.

MARGEM DE SEGURANÇA

Para dar respiro a interface, uma margem deve ser aplicada. Como um espelho pode variar seu tamanho e forma, recomenda-se usar 5% de margem tanto horizontal como vertical, de forma que o conteúdo se concentre numa zona de fácil interação.

CORES

Conforme foi analisado nos guidelines estudados, o espelho deve possuir uma alta densidade-pixel e maior gama de cores devido ao seu tamanho e necessidade de comunicação com o usuário sem que a interação seja prejudicada pelos reflexos. Para evitar também frustrar a experiência do usuário na leitura e legibilidade da interface, recomenda-se o uso de cores neutras, frias e sólidas, além de evitar o uso total de branco e preto, usando #F0F0F0 e #101010 respectivamente na escala RGB (figura 8). O uso de uma cor primaria e secundaria para dar a identidade visual do sistema ajuda a manter um visual mais harmonioso e de fácil entendimento. Tendo as cores selecionada, deve-se atentar ao uso entre 700 e 900 na classificação cromática, ou seja, variantes mais escuras. O editor de tema do Material Design pode auxiliar na hora de aplicar essas cores. O uso das cores deve ser sempre pensado na

hierarquia, que visa distinguir elementos mais importantes e interativos dos demais, visando boa legibilidade em relação à disposição de textos.

Figura 8: Paleta de cores recomendada para o projeto.



Embora essas cores sejam as principais, avisos de erro não devem segui-las, pois seu contraste vai ser determinante para avisar que algo não está certo, geralmente utilizando-se o vermelho. Algumas cores adicionais podem ser usadas também para visualização de pequenas informações para diferenciar das demais, como status por exemplo.

Para aplicar essas cores na interface, é importante lembrar de haver consistência, havendo compatibilidade com a marca, sem esquecer da distinção de elementos. Devido ao reflexo poder atrapalhar a visualização da interface, recomenda-se aplicar uma superfície preta como background com 60% de opacidade, de forma que todo o conteúdo possa ser aplicado no espelho sem interferir na sua interação.

TIPOGRAFIA

Qualquer fonte pode ser instalada e utilizada no sistema, a única recomendação é em relação ao seu tamanho, considerando que possa ser lido de longe para atrair o usuário, mas sem ficar gritante durante a interação de perto com a interface (figura 9). Para tal, recomenda-se o uso de fontes sem serifa para melhor legibilidade sobre o reflexo do espelho.

Figura 9: Diferença de pixels para a aplicação da Tipografia sem serifa.

Títulos 36px	Botões 16px
Subtítulos 24px	Corpo de texto 16px
Cabeçalhos 18px	

ÍCONES

Com o tamanho da interface e os reflexos ao fundo, é importante a objetividade dos ícones, devendo transmitir facilmente sua função sem fazer com que o usuário se confunda. Para ajudar, o background do ícone deve ser o mais simples possível, medindo em média 200 x 200 pixels para ícones de acesso as funções importantes e 10 x 10 rem para ícones menores e 5 x 5 rem para notificações. Dessa forma, o usuário consegue se guiar facilmente pela interface de forma objetiva e clara (figura 10).

Figura 10: Diferença do tamanho dos ícones em unidades de medida em Pixels ou Rem.



Alguns ícones podem ser mudados sem alterar sua posição numa transição de tela, por exemplo. Essa mudança serve para indicar funcionalidades diferentes na nova interface de acordo com a navegação, sendo assim, é necessário dar ênfase a essa alteração durante uma transição de tela. O Google chama isso de animação simples. Agora, quando a funcionalidade do ícones causa uma alteração no conteúdo da mesma UI, é importante mostrar esse comportamento nele, uma forma de feedback para o usuário ver que a ação foi executada por aquele ícone, por exemplo, uma mudança de cor, um leve aumento do seu tamanho, ou qualquer animação que evidencie um comportamento diferente do ícone. É a chamada animação complexa.

Quanto mais complexa essa animação, maior seu tempo de duração para que o usuário possa realmente visualizar essa alteração. Recomenda-se então 100ms para animações simples, 200ms para ícones médios e 500ms para animações mais complexas. Tudo isso auxilia o usuário para entender a mudança de status do botão e como isso impacta na interface, seja de forma simples como numa transição de tela ou execução de uma função.

BOTÕES

Além dos ícones, a forma mais chamativa de executar uma ação é com o uso de botões, no qual auxiliam na navegação, executam tarefas específicas e indica tomadas de decisões, ou seja, são um dos elementos mais importantes de uma interface para o usuário. Os botões numa interface espelhada, não podem aparecer sem um *container* (figura 11), ou seja, é preciso evitar o uso de botões

com somente o texto, pois a identificação do botão fica mais difícil, e perde a sua essência de *call-to-action*, pois é fundamental que ele indique que vá executar uma ação, além disso, o container o torna mais fácil de encontrar e assim como os ícones, devem ser simples, claros e objetivos para o entendimento imediato de sua função.

Figura 11: Aplicação de botões com o uso de ícones.



Para auxiliar função do uso do botão, pode-se aplicar um ícone ao lado do texto dele, mas isso não é uma regra, apenas não utilize mais de um ícone dentro do mesmo botão. Quanto ao texto do botão, é necessário que ele seja preciso, objetivo e defina rapidamente para o usuário qual sua função, ou seja, não se deve utilizar textos longos em botões, além de nunca utilizar duas linhas de texto dentro de um mesmo botão, pois isso afeta a legibilidade do botão, assim como colocar botões em cima um do outro, principalmente havendo espaço para colocá-los lado a lado.

Quando um botão é selecionado, é necessário um feedback para o usuário ver que o botão executará sua função. Para isso, uma pequena animação no botão deve ser realizada, como uma mudança rápida de cor, desde que usuário possa enxergar essa transição. Essa transição pode ser executada enquanto o usuário manter o toque no botão, voltando ao estado original após sua execução.

CARDS E POP-UPS

Esse componente serve para agrupar informações e ações sobre um único tema. Ele é um *container* que auxilia a visualizar um conteúdo na interface. Ele deve conter o título e uma imagem ou ícone. Pode haver também um resumo sobre o tópico e botões, mas este não é obrigatório, uma vez que o card também pode ser apertado para navegar na interface. Essa é a recomendação mínima para montar este componente. É uma forma fácil para dispor o conteúdo no espelho sem sofrer interferência do reflexo.

Por sua vez, os pop-ups, ou também chamados de alerta ou diálogo, é um componente que mostra uma informação crítica, podendo exigir uma decisão, como uma confirmação de execução de uma

tarefa, como um aviso ou para mostrar uma mensagem de erro ao realizar uma ação, ou apenas um feedback de alguma ação feita. Por ter uma função de interromper a navegação para alertar o usuário, deve ser usado com cautela. É exigido que ele tenha toda a atenção do usuário, portanto ao aparecer, o fundo da interface deve ser coberto por outro fundo preto com a mesma opacidade de 60% para garantir que a usuária vá focar na mensagem exibida (figura 12). Esse componente é o único caso em que um botão, de ok e cancelar por exemplo, podem aparecer sem o *container*, apenas em texto, pois o usuário já está focado naquela mensagem e em sua ação, assim como acontece em dispositivos móveis.

Figura 12: Aplicação de cards com opacidade de 60%.



Por fim, este guia de estilo definido até o momento será utilizado para prototipar a interface IoT convergente com o aplicativo mobile #SouAnhembi, que após validarmos todas as interfaces e obter o feedback dos usuários, será então estruturado um guideline mais completo e com mais componentes seguindo a Direção de Arte adotada pela Universidade.

AGRADECIMENTO

Este projeto marca o encerramento dos trabalhos realizados pelo Professor Marcelo Falco na Universidade Anhembi Morumbi após doze anos de trabalhos e pesquisas na instituição. Agradeço ao meu orientando e amigo Lucca Manfredi e a todos os alunos que tive a honra de orientar e formá-los designers.

Agradeço ao meu professor e orientador Marcelo Falco por todo o ensino e experiência, e a minha noiva Thayla Gomes pelo apoio e paciência durante toda a pesquisa.

REFERÊNCIAS

Garrett, J. J. The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web. Nova York: AIGA, 2003

Jenkins, Henry. Cultura da Convergência. São Paulo: Aleph, 2008.

Nielsen, N. User Interface Principles Every Designer Must Know. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/courses/hci/>>. Acessado em: 10 de julho de 2019

Norman, D. The Design of Everyday Things. New York: Basic Books, 1998.

Pierce, D. (2015). How to Build Your Own DIY Smart Mirror From a Flatscreen TV. Disponível em: <<https://www.inverse.com/article/9777-how-to-build-your-own-diy-smart-mirror-from-a-flatscreen-tv>>. Acessado em: 03 de julho de 2019.

Rogers, Y., Sharp, H. &, Preece, J. Design de Interação: Além da interação humano computador. Porto Alegre, Brasil. Bookman, 2013.

Vianna, Y. et.al. Gamification, Inc: Como reinventar empresas a partir de jogos. Rio de Janeiro: MJV Press, 2013.

Capítulo 16



10.37423/210504090

DESAFIO PET DE ROBOTICA

Jefferson Costa e Silva

INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA

Mateus Delfino Romão

INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA

Tairone Mamede da Silva Fernandes

INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA

Laryssa Maria de Sousa Duarte

INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA

Walisson da Silva Soares

INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA



Resumo: O desafio PET é uma atividade desenvolvida pelo PET (Programa de Educação Tutorial) de Engenharia Elétrica do IFPB, juntamente com outros grupos de estudo da mesma instituição. Esse evento busca a difusão da robótica no ambiente escolar e a interação dos estudantes de todo o estado. No decorrer de um dia, são realizadas atividades que buscam aplicar conhecimentos na área de robótica e programação. O desafio se divide em duas categorias, a primeira é voltada a uma competição de LEGO segue faixa, em que uma pista confeccionada pelo PET é utilizada para essa competição. A segunda competição é a Corrida com Obstáculos, os quais são dispostos em sequência, com variados níveis de dificuldade, e quando este não for transpassado, uma penalidade em tempo é aplicada ao competidor. Ambas as competições têm como critério de avaliação o tempo de prova, fator que define qual será o vencedor. O objetivo principal do evento é estimular os alunos a aplicar o conhecimento técnico já adquirido nas salas de aula, desenvolver o raciocínio e a lógica, promover a integração entre os vários cursos da região em um contexto pedagógico, desenvolver o trabalho em equipe por meio de uma abordagem prática de ensino-aprendizagem mediante a utilização da robótica, fomentar nos participantes o interesse para prosseguir nos estudos acadêmicos e na vida profissional nos diversos ramos da engenharia e incentivar a inserção de novos alunos em competições de robótica.

Palavras-chave: PET, Competição, Robótica, Interdisciplinaridade.

1. INTRODUÇÃO

A robótica e a automação são áreas estratégicas para o crescimento do país, com tendência a estar entre as dez maiores áreas de pesquisas na próxima década. Apesar de ser uma área em franca expansão mundial, o Brasil tem se situado de forma marginal, perdendo um imenso potencial para a geração de empregos, técnicas, tecnologias e produtos devido, principalmente, à falta de incentivo para a formação de recursos humanos na área.

A robótica pode ser uma excelente ferramenta no auxílio ao aprendizado e para promoção da interdisciplinaridade, por ser uma área multidisciplinar, que integra diferentes áreas do conhecimento, tais como: matemática, física, raciocínio lógico e outras (MIRANDA; SUANNO, 2009).

Esta área do conhecimento, exerce certo fascínio que pode ser aproveitado como efeito motivador para realização de atividades didáticas. Em outras palavras, a Robótica se torna uma forma eficaz de despertar o desejo de aprender e a curiosidade dos alunos (MARTINS; OLIVEIRA, 2012). Além de praticamente não produzir robôs em território nacional, o Brasil também não possui uma cultura que estimule uma maior utilização de tecnologias robóticas em seu parque tecnológico ou mesmo nas residências. Divulgar a robótica, suas aplicações, possibilidades, produtos e tendências é uma forma de, como também, estimular a formação de uma cultura associada ao tema tecnológico, proporcionando a formação de um cidadão que se relacione melhor com a tecnologia e também a formação de um mercado consumidor consciente, e portanto, exigente para produtos tecnológicos, nos próximos anos (OBR, 2017).

Partindo desse assunto de extremo valor para o desenvolvimento do conhecimento tecnológico nacional, o PET de Engenharia Elétrica do IFPB propôs uma competição que pudesse reunir diversas habilidades nessa área, bem como integrar alunos de diversos cursos do estado de uma forma dinâmica.

2. JUSTIFICATIVA

De acordo com a Pesquisa de Inovação 2014 (PINTEC), realizada pelo IBGE, 66,1% das empresas entrevistadas entendem a falta de profissionais qualificados como entrave para a inovação do setor industrial (PINTEC, 2016). Do total de profissionais de Engenharia, pouco mais da metade (58%) atua no setor industrial. Um dos motivos para esse número é a falta de motivação, provocada por currículos extremamente teóricos, os cursos de Engenharia, da forma como vêm sendo ministrados, deixam a

desejar, tanto em termos de qualificação como em termos de formação de mão de obra apta a atender às atuais necessidades do mercado (Confederação Nacional da Indústria, 2015).

O ensino de Engenharia oferece muitas oportunidades de aplicar metodologias ativas de aprendizagem nas diferentes áreas de formação profissional. É o caso das aulas de laboratório, oficinas, tarefas em grupo, trabalhos em equipe dentro e fora do ambiente escolar, visitas técnicas, desenvolvimento de projetos, competições de programação e competições de robótica. Entretanto, se de um lado vivenciamos com mais facilidade os métodos ativos de aprendizagem nas atividades práticas, por outro lado, resta-nos enfrentar um dos grandes desafios pedagógicos dos tempos modernos: incorporar aprendizagem ativa nos espaços e tempos atualmente ocupados pelas tradicionais aulas expositivas (BARBOSA; MOURA, 2014).

Então, procurando evitar a predominância da excessividade teórica e promover o avanço científico, a realização deste evento busca incentivar os discentes a aplicar o conhecimento técnico já adquirido nas salas de aula, desenvolvendo a lógica e o raciocínio, promovendo a integração entre os vários cursos da região em um contexto pedagógico, desenvolvendo o trabalho em equipe por meio de uma abordagem prática de ensino aprendizagem mediante a utilização da robótica, fomentando nos participantes o interesse para prosseguir nos estudos acadêmicos e na vida profissional nos diversos ramos da engenharia e incentivando a inserção de novos alunos em competições de robótica.

3. METODOLOGIA

O desafio PET de robótica, consiste em uma competição organizada pelo PET (Programa de Educação Tutorial) em Engenharia Elétrica do IFPB, juntamente com outros grupos de estudo da instituição. O desafio é composto por duas modalidades: Corrida com Obstáculos e competição de robô segue-faixa. Para participar do evento as equipes são compostas por, no máximo, 4 (quatro) participantes; estes devem possuir algum vínculo acadêmico com alguma instituição de ensino; cada grupo paga uma taxa de R\$ 20,00 para efetivação da inscrição, e entrega 2 kg de alimentos não perecíveis no ato de inscrição que são posteriormente doados às instituições de caridade. Cada equipe deve ser nomeada e, a inscrição de equipes com nomes considerados obscenos ou ofensivos de uma forma geral, são vetadas.

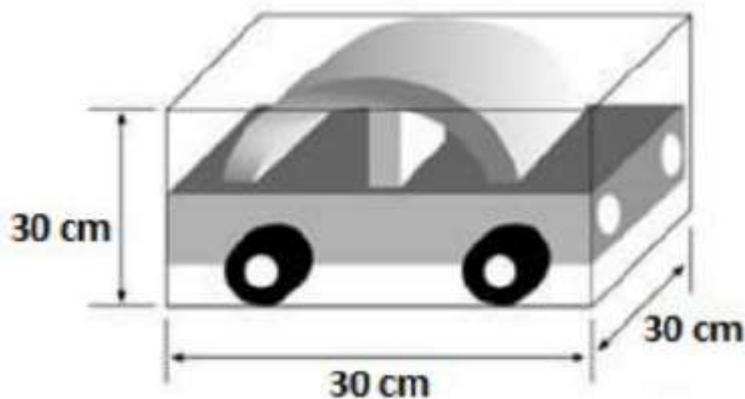
3.1. CORRIDA COM OBSTÁCULOS

Carro

O dimensionamento do veículo não deverá ultrapassar os limites estabelecidos de 30x30x30 (cm), conforme ilustrado na Figura 1. Nenhum elemento integrado ao veículo pode ultrapassar as dimensões estabelecidas na regra, com peso máximo de 4 kg, não sendo permitida a utilização de qualquer tipo de combustível ou material inflamável. Não há avaliação estética do veículo. Antes da competição são feitas avaliações dos carros competidores, sendo essa apresentação necessária para averiguação das dimensões e peso.

Os carros deverão ser controlados remotamente por meio de alguma tecnologia sem fio e deverão ser desenvolvidos pela equipe. Caso o carro envolva programação, o código deverá ser desenvolvido e apresentado no ato da competição. Sugere-se que seja feito um vídeo com até 5 minutos de duração para ser divulgado e reproduzido durante o evento; esse vídeo poderá conter: montagem do carro e algumas informações sobre os integrantes.

Figura 1 – Dimensões do carro.



Pista

A pista é iniciada da largada, onde cada equipe dará início à prova (Figura 2a). Logo após, vem uma sequência de obstáculos com níveis de dificuldade variados e, assim como pode ser visto na Figura 2b, eles são dispostos de forma que ofereçam espaço para a realização das manobras necessárias, a fim de transpassar o obstáculo. Existem setas no chão indicando para as equipes qual o sentido da prova. Como parte de um programa de sustentabilidade e preservação ambiental, muitos obstáculos foram produzidos pelo PET de Elétrica com materiais recicláveis, mostrando aos competidores e ao público que prestigiou o evento que há formas simples e ecologicamente corretas para se realizar uma competição.

Figura 2 – Vistas panorâmicas da pista da Corrida com Obstáculos.

(a) Vista 1.



(b) Vista 2.



Corrida

Antes do início da competição os participantes podem testar a pista; cada corrida terá 1 (um) veículo na pista. Três juízes da organização marcam o tempo que o carro de cada equipe leva para ir do início ao fim da pista; a equipe vencedora será a que obtiver menor tempo de conclusão do circuito. Caso ocorra algum problema no carro ou no controle, impossibilitando a conclusão da tarefa, a equipe poderá solicitar uma nova tentativa por meio do recomeço da prova. O tempo máximo para conclusão da prova será, inicialmente, de 5 (cinco) minutos, podendo ser alterado, para um valor superior, pela Comissão Organizadora, no dia do evento. A partir do momento em que a prova é iniciada, não é permitido o contato de pessoas com o carro, exceto em casos de capotagem, no qual o carro deverá ser reposicionado e colocado no mesmo local onde estava; além disso, não é permitido o contato de pessoas com a pista de forma que venha a alterar a integridade ou o formato dela.

A Comissão Organizadora não se responsabiliza por quaisquer danos causados ao carro e pode advertir a equipe por qualquer irregularidade, deixando claro o motivo da advertências. Havendo reincidência, a equipe poderá ser penalizada ou, até mesmo, desclassificada e a ordem das equipes será decidida pela Comissão Organizadora. As três equipes mais bem colocadas, ou seja, aquelas três que concluírem a prova com o melhor tempo, são premiadas, da seguinte forma: o 1º lugar com o valor de R\$ 200 (reais), o 2º lugar com o valor R\$ 150 (reais) e o terceiro valor R\$ 50 (reais).

3.2. SEGUE-FAIXA

A competição se apresenta da seguinte forma: o robô deve sair de um ponto inicial da pista, seguir a trajetória de uma faixa preta, e chegar no ponto final, desviando de obstáculos durante o processo. Cada corrida terá apenas um robô na pista. Caso o robô não realize as obrigações mínimas, desviar

obstáculos e seguir a faixa preta, seu respectivo competidor sofrerá penalidades com o acréscimo de alguns segundos em seu tempo final.

A Figura 3 apresenta a pista da competição.

Figura 3 – Pista segue-faixa.



É proibido qualquer tipo de comunicação com o robô durante a competição, uma vez que o mesmo deve seguir o percurso de forma autônoma. O robô não deve ser programado para cortar caminho. Se o mesmo ficar parado por mais de trinta segundos, a equipe perderá a volta. As dimensões estabelecidas para a modalidade Segue-Faixa deverão ser as mesmas da modalidade Corrida com Obstáculos, assim como o peso e a regra para utilização de combustíveis.

As penalidades, em acréscimos de tempo, serão as seguintes: 10 segundos por falha, tendo que retornar para um ponto anterior da falha; 15 segundos por não desviar um obstáculo. O tempo máximo estabelecido para conclusão da prova, é o mesmo da modalidade Corrida com Obstáculos. A equipe vencedora, será a que, como na modalidade Corrida com Obstáculos, após o acréscimos das penalidades, apresente o menor tempo de prova.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

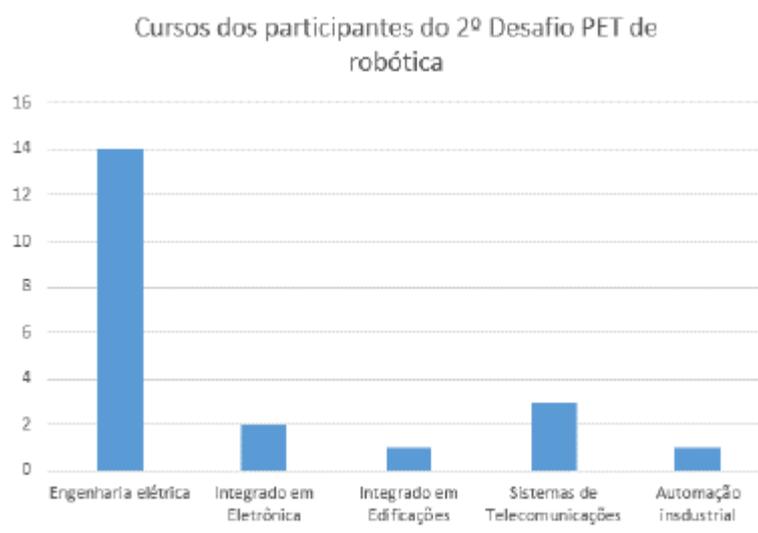
Não há dados referentes á 1a edição do Desafio PET de Robótica, visto que foi um evento pequeno apenas para alunos do curso de Engenharia Elétrica. O evento, na sua 2ª edição, foi expandido para outros cursos, sendo este um dos fatores principais que contribuíram para garantir um maior sucesso da competição. O primeiro fator é a quantidade de equipes, pois o número de participantes do desafio PET de robótica cresce a cada edição. Na 2a edição do Desafio, 6 equipes participaram na categoria de

Corrida com Obstáculos – na segunda edição não houve a categoria segue-faixa. Na 3a edição, o número de equipes dobrou, sendo 12 equipes na categoria de Corrida com Obstáculos e 10 equipes na categoria segue-faixa.

O segundo fator para verificar o sucesso do evento, foi o aumento do empenho e desempenho das equipes, entre as edições, através do aprimoramento das tecnologias utilizadas para o desenvolvimento dos robôs e na organização interna das equipes. Foi visto, também, um aumento de cooperação e interação entre os integrantes do evento, indo além do desenvolvimento tecnológico, entrando na esfera do desenvolvimento social, ajudando na aprendizagem da relação social.

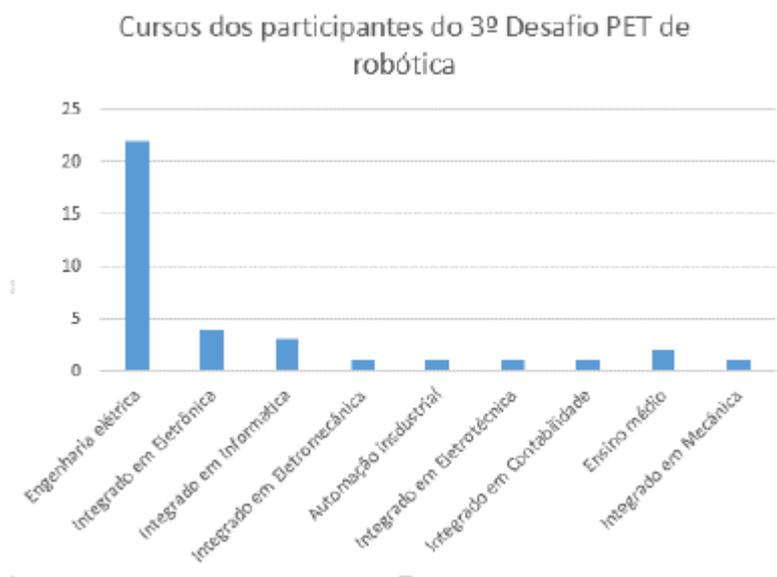
O segundo desafio reuniu 21 participantes. A Figura 4 mostra o curso dos competidores. Houve participação de estudantes dos cursos superiores de Engenharia Elétrica, Automação Industrial e Sistemas de Telecomunicações, além dos cursos técnicos – integrado ao Ensino Médio – de Eletrônica e Edificações. Todos os participantes possuíam vínculo com o IFPB - Campus João Pessoa.

Figura 4 – Número de participantes por curso do 2o Desafio PET de robótica.



O terceiro desafio reuniu 36 competidores. A Figura 5 mostra o crescimento da diversidade de cursos dos participantes. Houve um aumento da participação de discentes do ensino médio, dos cursos técnicos integrado ao médio de Eletrônica, Mecânica, Eletromecânica, Informática, Contabilidade, Eletrotécnica e de alunos do ensino médio regular.

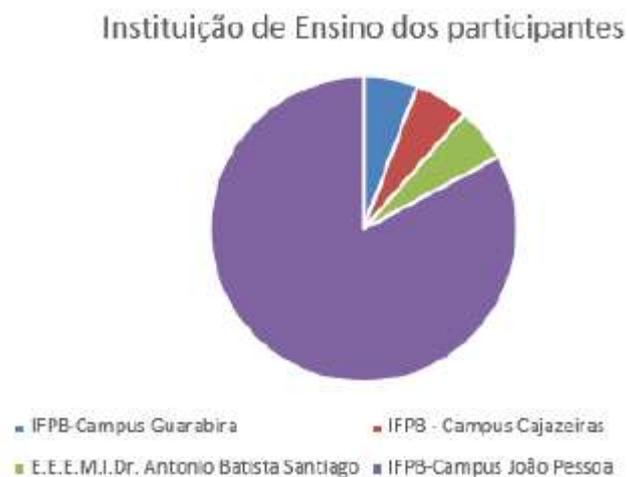
Figura 5 – Número de participantes por curso do 3o Desafio PET de robótica.



Na Figura 6 mostra as instituições do ensino dos integrantes. A maioria dos participantes tem vínculo com o IFPB - Campus João Pessoa, local de onde ocorre o evento.

Mas também houve a participação de estudantes de outros campi do IFPB, como o campus Guarabira e o campus Cajazeiras. Outra instituição que participou foi a Escola Estadual do Ensino Fundamental e Médio Dr. Antônio Batista Santiago, que fica no município de Itabaiana, com dois alunos do ensino médio, proporcionando, dessa forma, uma integração de estudantes do estado da Paraíba.

Figura 6 – Instituição de Ensino dos Participantes.



Com relação ao desenvolvimento das habilidades dos envolvidos, no âmbito individual e coletivo, foi possível observar que uma grande parcela dos alunos aprimoraram significativamente a sua capacidade de liderança e gestão de projeto e pessoas, tendo desenvolvido a capacidade de planejar,

agendar e executar cada etapa, dentro do tempo definido e das normas especificadas pelo edital da competição. Além disso, os participantes adquiriram resiliência, trazendo, inclusive, ânimo ao grupo mesmo sob condições adversas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desafio PET de Robótica tem ajudado a difundir o ensino de robótica em diversas instituições de ensino do estado da Paraíba e incentivado os alunos participantes a participarem de outras competições em âmbito nacional, tais como: Olimpíada Brasileira de Robótica (OBR), Mostra Nacional de Robótica (MNR), Mercury Remote Robotics, dentre outras competições.

Além disso, o evento ajuda na aprendizagem da relação social, desperta o interesse de alunos do ensino médio para os cursos de engenharia, integra alunos de várias instituições do estado e auxilia no avanço dos estudos na área de tecnologia, visto que as equipes buscam otimizar seus códigos e carrinhos, a fim de conquistarem a vitória.

Pretende-se, nos próximos eventos, ampliar a participação de outras instituições, além de promover a interiorização das equipes, através da inclusão de instituições do sistema de ensino público estadual e municipal.

5.1. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB pelo suporte neste projeto, ao Ministério da Educação (MEC), e ao Programa de Ensino Tutorial (PET).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. de. Metodologias ativas de aprendizagem no ensino de engenharia. Anais da XIII International Conference on Engineering and Technology Education, Guimaraes (Portugal), 2014.

Confederação Nacional da Indústria. Fortalecimento das engenharias. Brasília (Brasil): [s.n.], 2015. Available in: [http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo 24/](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo/24/2015/08/31/550/fortalecimento%20das%20engenharias%20web2.pdf)

[2015/08/31/550/fortalecimento das engenharias web2.pdf](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo/24/2015/08/31/550/fortalecimento%20das%20engenharias%20web2.pdf).

MARTINS, H. C. O. F. N.; OLIVEIRA, G. F. Robótica como meio de promoção da interdisciplinaridade no ensino profissionalizante. III Workshop de Robótica Educacional, 2012.

MIRANDA, J. R.; SUANNO, M. V. Robótica pedagógica: Prática pedagógica inovadora. IX Congresso Nacional de Educação - EDUCRE, 2009.

OBR. Por que uma olimpíada de Robótica? 2017. Disponível em: <http://www.obr.org.br/o-que-e-a-obr/i>.

PINTEC. Pesquisa de Inovação - 2014. Rio de Janeiro (Brasil): [s.n.], 2016. Available in: <http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/PUBLICACAO/PUBLICA%C3%87%C3%83O%20PINTEC%202014.pdf>.

Capítulo 17



10.37423/210504092

FENÔMENOS CLIMÁTICOS ESTÃO RELACIONADOS À PRODUÇÃO DE CULTURAS ANUAIS? ESTUDO DE CASO EM TIBAGI-PR

Ana Flávia Bilmayer

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Guilherme Gobbi Teixeira

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Raquel de Oliveira Bueno

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Débora Cristina de Souza

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Adrielle Rodrigues dos Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ana Paula Peron

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Paulo Agenor Alves Bueno

Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Resumo: A agricultura é responsável por grandes exportações e gerações de emprego no Brasil, fato que aumenta o vínculo do homem com esta atividade que é altamente vulnerável as alterações climáticas. Tibagi-PR se destaca na produção de milho, trigo e aveia e está localizado em uma área de volumes elevados de precipitação. Esta pode ser influenciada, na maioria das vezes, por fenômenos climáticos como o ENOS, que é composto por duas fases, o El Niño caracterizado pelo aquecimento das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical e a La Niña, fase fria, qualificada como o resfriamento das águas marítimas. Tem-se como objetivo deste trabalho a exploração estatística dos dados pluviométricos no decorrer de 20 anos no município de Tibagi-PR, comparando-os no referido período, bem como verificando a possível relação com a produção agrícola anual de milho, trigo e aveia. Através do teste de variância de Kruskal-Wallis foi possível aferir a magnitude entre os volumes de precipitação e por meio da correlação linear de Pearson pôde-se estimar a relação das culturas com as precipitações. No entanto, verifica-se que o município não sofre com nenhuma dessas interferências. Outros fatores podem estar relacionados ao desenvolvimento da produção desses cultivos, como a generalidade do IOS que pode não ser aplicado a algumas regiões, a curta série histórica analisada ou ainda os altos volumes de precipitação do município.

Palavras-chave: Fenômenos climáticos, Produção agrícola, Estatística.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A agricultura tem contribuído há séculos para a criação, conservação e disponibilidade de uma variedade de habitats seminaturais, moldando a maior parte das paisagens do mundo. Ela também sustenta uma comunidade rural variada que constitui a base cultural de cada povo e desempenha um papel importante na manutenção do equilíbrio e da saúde ambiental (BEYRUTH, 2008). Atualmente tem-se na agricultura a maior responsabilidade pelas exportações e geração de emprego no Brasil, fato que aumenta o vínculo do homem com esta atividade que é altamente vulnerável as alterações climáticas (SILVA *et. al*, 2009).

As características climáticas, como precipitação, temperatura, radiação solar, ventos, podem exercer influência sobre todos os estágios da produção agrícola, determinando desde quais atividades serão desempenhadas até a seleção de regiões ou lugares para a instalação de culturas e experimentos agrícolas, além de servir como planejamento a longo ou curto prazo das referidas atividades (SILVA, 2013). As mudanças climáticas podem afetar os sistemas agrícolas regionais com sérias consequências, dependendo de como as mudanças acontecem, determina-se a viabilidade e a utilização dessas áreas. As chuvas, assim como a falta delas, estão relacionadas com fenômenos meteorológicos pertencentes às várias escalas temporais e espaciais, que vão desde a escala global como El Niño e La Niña, às condições locais, como chuvas localizadas (FERREIRA, 2005).

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2015), o fenômeno de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é caracterizado pelo aquecimento descontrolado das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical a partir dos ventos, afetando conseqüentemente o regime da chuva em regiões tropicais e de latitudes médias, enquanto a La Niña representa a fase fria do fenômeno, apresentando características opostas ao El Niño, havendo o resfriamento nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical. De acordo com Galvani *et. al* (1998) as intensidades desses fenômenos foram classificadas como fraca, moderada e forte, usando o Índice de Oscilação Sul - IOS que é determinado a partir da diferença entre os desvios de Pressão atmosférica ao Nível do Mar (PNM) registradas nas estações meteorológicas do Taiti, no Pacífico Central e Darwin, no norte da Austrália.

De acordo com Silva (2013), na Região Sul do Brasil, observa-se abundância de chuvas nos anos de El Niño e estiagem em anos de La Niña. Apesar de a influência dar-se durante todo o período de atuação desses eventos, há duas épocas do ano que são mais afetadas pelas fases do ENOS, sendo elas a primavera e começo do verão, e outra ao final do outono e começo do inverno do ano subsequente. Assim, nessas épocas, as chances de chuvas acima do normal são maiores em anos de El Niño sendo

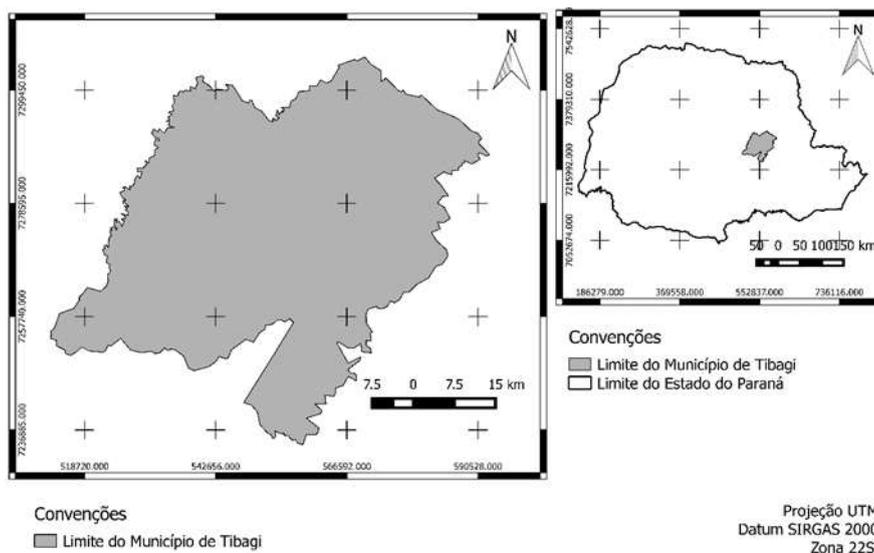
favorável a produtividade das culturas de verão, como o milho, e chuvas abaixo do normal em anos de La Niña, adepta aos cultivos de inverno, como o trigo e a aveia.

Tem-se como objetivo deste, a exploração estatística dos dados pluviométricos no decorrer de 20 anos no município de Tibagi-PR, comparando-os no referido período, bem como verificando a possível relação com a produção agrícola anual de aveia, trigo e milho no município.

2. METODOLOGIA

Tibagi (Figura 1), município paranaense com população estimada para 2015 de 20.377 habitantes e aproximadamente 2.951km² de extensão (IBGE, 2015), está localizado segundo a classificação do IPARDES (2012) na Mesorregião Geográfica Centro Oriental Paranaense, Microrregião Geográfica de Telêmaco Borba. De acordo com o Mapa de clima do Paraná, elaborado pelo ITCG (2008), a classificação climática que a área de estudo recebe é do tipo Cfb, clima de influência oceânica, com verões mais úmidos que os invernos, chuvas abundantes e bem distribuídas. Ao verificar o Sistema de Informações Hidrológicas do Instituto das Águas do Paraná (2015), constata-se que a pluviosidade anual acumulada em 2014 foi 1.545mm. Outra característica importante para este estudo é a pedologia, que conforme a classificação do Mapa de Solos do Paraná (ITCG, 2008) tem como predominância Latossolos e resquícios de Cambissolos, garantindo bom potencial agrícola ao município.

Figura 1 - Localização da área de estudo: Tibagi-PR.



Para o levantamento dos demais dados, utilizaram-se informações pluviométricas obtidas por meio do Instituto das Águas do Paraná disposto no Sistema de Informações Hidrológicas (2015), que foram

analisadas anualmente para área de estudo. A partir disso foram inseridos dados referentes a produção agrícola temporária de aveia, trigo e milho disponibilizada pelo Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (2015), no período de 1990 a 2010 para o município de Tibagi-PR.

Tabela 1 - Série histórica em questão com suas devidas precipitações e produções de milho, trigo e aveia.

Ano	Precipitação (mm)	Produção de Milho (kg/ha)	Produção de Trigo (kg/ha)	Produção de Aveia (kg/ha)
1990	1722,9	3750	1700	1000
1991	1374,5	3357	2600	900
1992	1399,5	3878	2131	800
1993	1610	4850	2323	1000
1994	1059,9	4831	2539	1000
1995	1104,8	5687	1900	800
1996	1422	5638	2936	900
1997	1591,9	5655	2442	1514
1998	1826,8	5941	2309	1110
1999	1044,6	4990	2618	1262
2000	1477,3	6183	2302	941
2001	1773,9	7482	3372	1434
2002	1426	7256	1404	1046
2003	1768,1	7784	3500	1598
2004	1584,6	7328	2400	1137
2005	1486,2	6414	2450	1400
2006	1204	7402	2000	1766
2007	1405,5	8429	2232	2073
2008	1467,9	8615	3200	2014
2009	1967,3	3779	2000	2000
2010	1418,4	8789	3518	3516

Em seguida, foram verificados os anos de influência e a intensidade dos eventos El Niño e La Niña neste intervalo de tempo (Tabela 2), segundo a classificação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2015) sob o parâmetro de pluviosidade no município.

Tabela 2 – Intensidades dos fenômenos El Niño e La Niña entre 1990 e 2010.

El Niño			La Niña		
Fraco	Moderado	Forte	Fraco	Moderado	Forte
2004	1994	1993	1995	1998	2007
2005	1995	1997	1996	2001	2008
2006	2002	1998			
2007	2003				
2009					
2010					

Após a coleta de dados, o primeiro teste aplicado foi para evidenciar se há diferenças ou não entre os volumes de precipitações das diferentes intensidades do evento El Niño. Estas foram comparadas (fraco, moderado e forte) no período de ocorrência dos fenômenos, utilizando-se o teste de variância não paramétrico Kruskal-Wallis, apropriado para comparar três ou mais amostras independentes, dos mesmos tamanhos ou ainda desiguais. Para o fenômeno La Niña, não foi possível executar este teste de variância pois o número de amostras foi insuficiente.

Posteriormente, compararam-se as pluviosidades dos anos com influência de El Niño, La Niña e sem ocorrência de quaisquer destes fenômenos climáticos no decorrer da série histórica. Por apresentar distribuição normal utilizou-se o teste paramétrico ANOVA (um critério).

Por fim, testou-se, a correlação entre as precipitações no período de estudo com os dados de produção das culturas de milho, trigo e aveia, respectivamente, utilizando para tal o teste de correlação linear de Pearson.

Utilizou-se o *software* Bioestat 5.0 para gerar os testes estatísticos e gráficos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a exploração dos dados estatísticos, para o primeiro teste foi encontrado o valor de 0,2371 para p . Como $p \geq 0,05$ constata-se que não há diferença no volume de precipitação entre as intensidades do fenômeno ENOS no período estudado, ou seja, as magnitudes não interferiram na quantificação do regime de chuvas. Segundo Berlato e Fontana (2016), os impactos associados ao El Niño para o desenvolvimento da agricultura na região sul do país estão condicionados ao tipo de cultura e ao calendário agrícola em que ocorrem chuvas acima da média na região, como é o caso do município no decorrer do ano. Outro fator que pode estar relacionado com a invariabilidade entre os

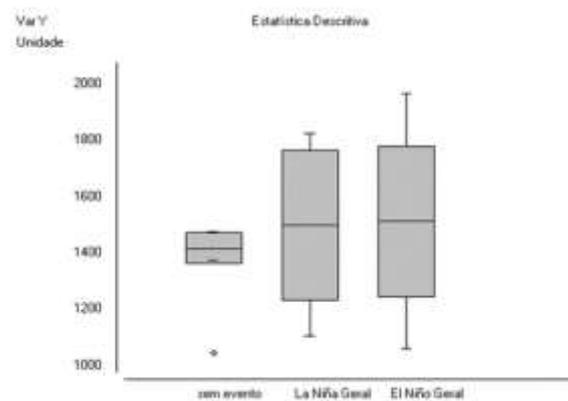
volumes de precipitação é o curto período de análise pluviométrica, pois maiores quantificações possibilitam análises mais precisas.

Tabela 3 - Resultados do Teste Estatístico Kruskal-Wallis.

Variáveis	Resultados
H	2.8782
Graus de liberdade	2
(p) Kruskal-Wallis	0.2371

Para o teste de variância ANOVA (um critério) foi obtido o valor de 0,5605 para p, comprovando assim, que os eventos em questão não interferiram na precipitação entre os anos 1990 e 2010, ou seja, os anos com ocorrência de El Niño e La Niña comparados a anos sem ocorrência de quaisquer desses eventos, no período estudado, não interviam no regime pluviométrico do município de Tibagi-PR. Afere-se com esta estatística (Figura 2) que a amplitude de variação de precipitação para ENOS é muito maior comparada a precipitação dos anos sem ocorrência dos eventos.

Figura 2 - Estatística Descritiva para o teste ANOVA: um critério.



Por fim, para a correlação de Pearson foram realizadas estatísticas entre os dados de precipitação com cada uma das produções agrícolas, levando em consideração o valor estatístico de p e o coeficiente de Pearson (r) que mede o grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas.

Diante disso (Tabela 4) o valor de p encontrado para a precipitação e a referida produção de milho foi de 0,9701, levando a constatação de não relação entre as variáveis, enquanto o valor de r foi de -0,0087 evidenciando mais uma vez a distante afinidade entre as variáveis. Para a correlação precipitação-produção de trigo, obteve-se um p de 0,6501 e o coeficiente de Pearson (0,1052) revela menor dependência entre precipitação e produção de trigo comparada à produção de milho no

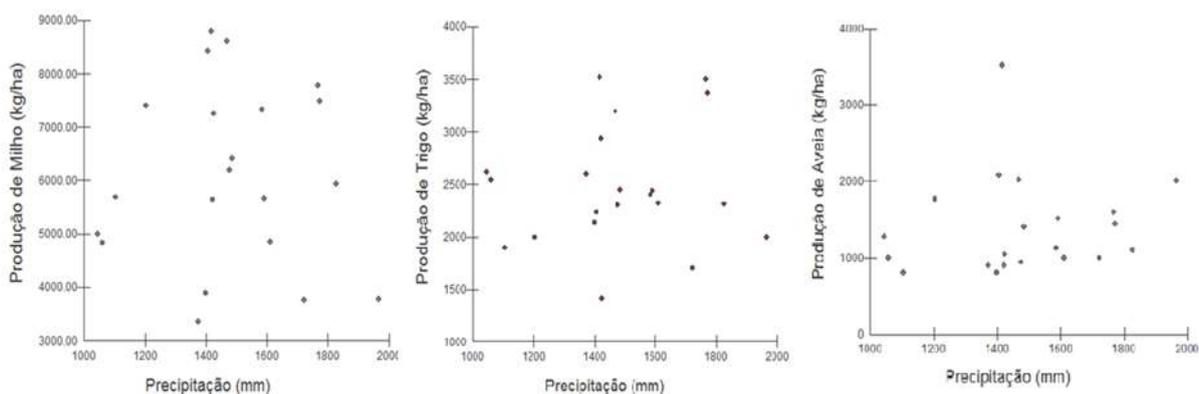
mesmo período. Por fim, para o cultivo de aveia, foi encontrado o valor de 0,5757 para p , indicando assim a ausência de influência da precipitação sobre a produção, já o valor de r foi de 0,1295, sugerindo que ainda que seja fraca relação entre as variáveis, este foi o maior coeficiente dentre os três cultivos em estudo (Figura 3). Tanto o trigo como a aveia são cultivos típicos de inverno, cuja predominância é de volumes mais baixos de precipitação comparados ao verão, fato este que beneficia o desenvolvimento dessas culturas agrícolas.

Berlato *et. al* (2005) relatam que em anos de El Niño são maiores as probabilidades de alta produtividade e que o ENOS influencia na produtividade do milho porque intervém na precipitação na fase quente do evento ocasionando valores pluviométricos superiores à média climatológica enquanto a fase fria acarreta estiagem no período de desenvolvimento do milho (correspondendo ao período da primavera e início do verão).

Tabela 4 – Resultados importantes do teste de Correlação de Pearson para os cultivos analisados

Variáveis	Milho	Trigo	Aveia
p	0,9701	0,6501	0,5757
r	-0,0087	0.1052	0,1295

Figura 3 – Correlação entre Produção e Precipitação para os cultivos de milho, trigo e aveia.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos resultados obtidos por intermédio dos testes estatísticos, observa-se que a produção de milho, trigo e aveia do município de Tibagi-PR não se torna afetada pelos fenômenos El Niño e La Niña. Isso pode estar relacionado ao fato de as precipitações anuais do município em questão já apresentarem valores elevados, o que ofusca a interferência dos eventos. A curta série histórica também dificulta a visualização dos eventos em longa escala e ainda a relação fenômenos-

precipitação, que está baseada no Índice de Oscilação Sul - IOS na qual sua classificação é generalizada pois é obtida com base na diferença de pressão entre o Pacífico Central e o Pacífico do Oeste, podendo não ser aplicada a algumas regiões.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão pelo provimento dos referidos conhecimentos. À Prof^a. Dr^a. Maristela Moresco Mezzomo por fornecer informações referentes ao levantamento de dados, bem como o Prof^o. Dr^o. Paulo Agenor Bueno por orientar este trabalho com tamanha disponibilidade e empenho.

5. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES

BERLATO, Moacir Antonio et al. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 40, p.423-432, maio 2005.

BERLATO, Moacir Antonio; FONTANA, Denise Cybis. El Niño e a agricultura da região sul do Brasil. 2016. 11 p. Disponível em:

<<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/agromet/elninolanina/elnino2.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

BEYRUTH, Z. Água, Agricultura e as Alterações Climáticas Globais. 2008. *Revista tecnologia & inovação agropecuária*.

FERREIRA, D. B. Relações entre a variabilidade da precipitação e a produtividade agrícola de soja e milho nas regiões sul e sudeste do Brasil. 2005. São José dos Campos.

GALVANI, E.; PEREIRA, A. R.; KLOSOWSKI, É. S. Relações entre o Índice de Oscilação Sul (IOS) e o total mensal de chuva em Maringá - PR. 1998. Disponível em:

<<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/3124/2332>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Cidades: Tibagi. 2015. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=412750&search=parana|tibagi>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

Instituto das Águas do Paraná. Alturas de precipitação - Resumo anual. 2015. Disponível em: <<http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarrelatorioalturasanuaisprecipitacao.do?action=carregarinterfaceinicial>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. Fenômeno El Niño atua com atividade moderada no oceano pacífico equatorial. 2015. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 06 nov. 2015.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. Relação dos municípios do estado ordenados segundo as mesorregiões e as microrregiões geográficas do IBGE. 2012. Disponível em:

<http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/base_fisica/relacao_mun_micros_mesos_parana.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2015.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS - ITCG. Mapa de Clima do Estado do Paraná. 2008. Disponível em:

<http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Climas_A3.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2015.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS - ITCG. Mapa de Solos do Estado do Paraná. 2008. Disponível em:

<http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Solos.pdf>.

Acesso em: 17 nov. 2015.

PAULA, G. M. de *et al.* Influência do fenômeno El Niño na erosividade das chuvas na região de Santa Maria (RS). 2010.

SILVA, L. L. da *et al.* Influência das precipitações na produtividade agrícola no Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2009.

SILVA, R. R. da. Relação entre precipitação pluviométrica e produtividade da cultura de soja no município de Ibirubá-RS. 2013.93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia e Geociências, UFSM. RS, 2013.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA – SIDRA. Censo Agropecuário. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo9.asp?e=c&p=CA&z=t&o=26>> Acesso em: 18 nov. 2015.

Capítulo 18



10.37423/210504093

RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DE TINTAS USADAS EM UMA INDÚSTRIA CALÇADISTA USANDO TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS

Rodrigo Maciel Lima

Centro Universitário INTA - UNINTA

Lívia Ponte Sousa

Centro Universitário INTA – UNINTA

Joyciane Coelho Vasconcelos

Centro Universitário INTA - UNINTA

Eliana de Jesus Lopes

Centro Universitário INTA - UNINTA

Maurício de Sousa Pereira

Centro Universitário INTA - UNINTA

Flávio Albuquerque Ferreira da Ponte

Centro Universitário INTA - UNINTA



Resumo: Este trabalho de pesquisa tem como foco principal a reutilização de resíduos provenientes de tintas flexográficas utilizadas em uma indústria de calçados localizada no estado do Ceará. O desenvolvimento da pesquisa foi realizado em várias etapas: (i) coleta dos dados, desde a preparação da tinta até a reutilização dos resíduos da tinta no processo industrial; (ii) manuseio da tinta, obtenção dos resíduos, análises laboratoriais dos resíduos, realização de testes de qualidade do material reciclado. Os testes de qualidade da tinta reciclada foram realizados com base em padrões previamente especificados pela indústria de calçados. Os testes de viscosidade, aderência e coloração aplicados nos resíduos após a reciclagem, mostraram resultados semelhantes aos produzidos a partir da tinta antes do processo de flexografia. Com base nos resultados alcançados, os autores mostraram uma aplicação de processos ecologicamente sustentáveis que podem ser usados no reaproveitamento de resíduos industriais e, conseqüentemente reduzir os custos operacionais com a compra de material usado na produção.

Palavras-chave: Indústria de calçados, Tinta flexográfica, Reciclagem, Tratamento de resíduos.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as indústrias do setor de calçados têm fornecido uma contribuição notável para o desenvolvimento econômico global (SCOTT, 2006). Em geral, elas representam um setor de fabricação diversificado, que emprega uma grande variedade de materiais e processos, que vão desde itens para a fabricação dos calçados até tintas para a impressão de embalagens (TEIXEIRA et al., 2014). Além disso, precisam melhorar continuamente seu desempenho para permanecerem competitivas, o que justifica a demanda constante por novas tecnologias relacionadas a produtos e processos produtivos (TRISTÃO et al., 2013).

O manejo adequado de resíduos sólidos é uma necessidade básica a ser fornecida pelas empresas para garantir melhores condições ambientais, uma vez que, a má gestão desses resíduos pode abrir caminho para a degradação ambiental e trazer riscos à saúde da população (KOPPIAHRAJ et al., 2019; ARARUNA e LOOS, 2018). Diante deste cenário, a gestão dos resíduos oriundos dos processos produtivos têm sido um desafio para empresas de diversos setores (CHAVES et al., 2014; LUNA e VIANA, 2019). Na tentativa de sanar ou minimizar esse problema, atualmente, muitas empresas do setor de calçados estão investindo no desempenho ambiental de seus produtos e em ações de responsabilidade social (MIA et al., 2017; CHEAH et al., 2013a; CHEAH et al., 2013b; STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007a; STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007b).

A necessidade de implementar o desenvolvimento sustentável como um projeto social e político, para a sociedade, vem promovendo uma orientação quanto aos esforços, no intuito de encontrar meios para desenvolver globalmente uma sociedade sustentável. As pesquisas recentes e o crescimento do conhecimento sobre desenvolvimento sustentável aumentaram o interesse em terminologia sobre esse tema, que tem se destacado nas últimas décadas. Ele abrange termos como produção mais limpa, prevenção e controle da poluição, minimização do uso de recursos, design ecológico, entre outros. (CHAVES et al., 2014; GLAVI e LUKMAN, 2007; MORELLI, 2011). Neste trabalho de pesquisa, os autores realizaram um estudo sistemático objetivando avaliar os benefícios ambientais e financeiros obtidos a partir da aplicação de um método sustentável baseado no princípio dos 3R's. Um estudo de caso, foi realizado em uma indústria do segmento calçadista sediada na cidade de Sobral (Ceará, Brasil), usando resíduos de tintas provenientes do processo de impressão (flexografia) da logomarca da empresa em embalagens destinadas à comercialização dos calçados. Os resultados obtidos foram avaliados tanto do ponto de vista econômico quanto em relação a utilização de métodos ecologicamente sustentáveis.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente tópico apresentará de forma resumida uma revisão da literatura dos principais tópicos discutidos neste trabalho. Os temas pertinentes como sustentabilidade, princípios 3 R's e processos de flexografia serão dissertados neste trabalho, considerando as abordagens e discussões mais recentes sobre o tema pela comunidade científica. Será fornecido, portanto, o embasamento teórico necessário para fundamentar as discussões relevantes, bem como uma análise sistemática do trabalho de pesquisa.

2.1 SUSTENTABILIDADE

Em geral, define-se sustentabilidade como uma relação de equilíbrio entre o ambiental, econômico e social, conhecido como o tripé da sustentabilidade (ELKINGTON, 2001). Com isso, gera-se uma expectativa de que as empresas, de modo geral, contribuam de forma positiva com a sustentabilidade, por meio da capacitação tecnológicas e de otimização dos recursos, reduzindo, reciclando e reutilizando para viabilizar o desenvolvimento sustentável dentro das organizações (JIBRIL, 2012).

Os diversos processos industriais modernos geram grandes quantidades de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos). Particularmente, as indústrias calçadistas dada a complexidade dos processos produtivos produzem diversos tipos de resíduos em todas as etapas do processo de produção. Dessa forma, elas podem ter problemas ambientais devido ao elevado volume de resíduos provenientes da atividade produtiva, ao alto índice de perdas de matérias-primas no processo produtivo e a variedade de materiais na composição do calçado. Assim, as consequências ocasionadas, tanto ao meio ambiente quanto à sociedade, pela administração inadequada desses resíduos podem ser desastrosas.

No processo produtivo, quanto maior a quantidade de insumos envolvidos na confecção do bem, as taxas resíduos gerados cresce proporcionalmente, devendo ser, portanto, levado em consideração a necessidade constante da implementação de políticas e técnicas ecologicamente sustentáveis por parte das empresas para evitar ou reduzir o desses resíduos.

A sustentabilidade ambiental tem assumido um papel cada vez mais relevante nos processos produtivos. Reaproveitar rejeitos de processo e descartar adequadamente os resíduos são conceitos dos princípios dos 3R's e, atualmente, tem sido uma das preocupações do setor calçadista (MIA et al., 2017; CHEAH et al., 2013; STAIKOS e RAHIMIFARD, 2007).

2.2 PRINCÍPIOS DOS 3R'S

A gestão sustentável dos resíduos sólidos pressupõe uma abordagem que tenha como referência o princípio dos 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar), apresentado na Agenda 21: redução (do uso de matérias-primas e energia e do desperdício nas fontes geradoras), reutilização direta dos produtos, e reciclagem de materiais.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, a Agenda 21 pode ser definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.

A hierarquia dos 3R's segue o princípio de que causa menor impacto evitar a geração do lixo do que reciclar os materiais após seu descarte. A reciclagem de materiais polui menos o ambiente e envolve menor uso de recursos naturais, mas raramente questiona o atual padrão de produção, não levando à diminuição do desperdício nem da produção desenfreada de lixo.

No Brasil, o princípio dos 3R's tem como intuito, no desenvolvimento sustentável, o menor impacto possível ao meio ambiente, por meio da redução, reutilização e reciclagem, na busca constante em diminuir os prejuízos e efeitos sobre o meio ambiente. Gerir de forma eficiente os resíduos industriais se faz necessário, a partir do momento em que a ausência destes pode impactar de forma desastrosa o meio ambiente. Dessa forma, a consciência e efetivação do preceito dos 3R's, atua como uma ferramenta competente na tomada de decisão em prol da sustentabilidade ambiental e de diminuir dos custos operacionais das empresas (CHAVES et. al., 2014).

2.3 PROCESSOS DE FLEXOGRAFIA

No processo produtivo, a embalagem representa a última etapa antes do produto ser disponibilizado no mercado. As empresas, geralmente, identificam seus produtos através da impressão da logomarca ou slogan nas embalagens de seus produtos. Esse processo por sua vez, também culmina na geração de resíduos. Nesse processo, em geral, são usadas tintas a base de metais para essa finalidade. Isso, no entanto, resulta na produção de resíduos sólidos oriundos da tinta de impressão. O descarte inadequado desses resíduos metálicos pode acarretar diversos problemas ambientais, como a poluição dos solos e lençóis freáticos (FLACH et. al., 2017).

Diversos processos de impressão podem ser utilizados para a esse propósito, sendo um dos mais comuns o de flexografia. A flexografia é um processo de impressão direta, caracterizado pelo emprego de uma forma relevográfica. O sistema pode ser considerado como uma característica do carimbo.

Usa-se tintas líquidas altamente secativas, a base de água, solvente ou curadas por luz UV ou feixe de elétrons. Uma de suas virtudes é a flexibilidade para imprimir os mais variados suportes, de durezas e superfícies diferentes.

2.4 REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS

Os processos produtivos podem estar sujeitos a dificuldades técnicas de reaproveitamento de materiais e a deposição irregular de resíduos, prática ainda comum a muitas empresas de calçados, os quais são problemas tanto de capacidade tecnológica quanto de gestão ambiental e sustentabilidade. A solução desses problemas depende cada vez mais do aumento da capacidade tecnológica, o que equivale a considerar que a gestão de resíduos sólidos em empresas calçadistas pode ser avaliada a partir da análise da capacidade tecnológica dessas empresas (VIEGAS e FRACASSO, 1998).

O manejo adequado dos resíduos oriundos dos processos industriais tem sido visto, especialmente nas últimas décadas, como ferramenta de competitividade. Do ponto de vista da globalização dos mercados, cujas regulamentações de comércio influenciam, de modo determinante, as vantagens competitivas ligadas à diferenciação de produto e à redução de custos; as empresas que se preocupam com a melhoria de seu nível de competitividade, aumentando continuamente sua capacidade tecnológica e, ao mesmo tempo, adotando técnicas ecologicamente sustentáveis tem se destacado no cenário econômico.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ESTUDO DE CASO

A empresa onde realizou-se o estudo da reciclagem dos resíduos de tinta flexográfica, foi fundada em 1971 na cidade de Farroupilha (RS), tendo como atividade produtiva primária a fabricação de embalagens para vinho. A partir de 1978, começou a investir na produção de calçados. Em 1990, inaugurou uma unidade fabril no estado do Ceará, com uma capacidade de produção anual de aproximadamente 5 milhões de pares de calçados.

O estudo foi realizado diretamente no setor de flexografia, o qual é responsável pelo processo de impressão (pintura) da logomarca da indústria de calçados em embalagens plásticas destinadas ao armazenamento e distribuição dos calçados.

3.2 FLEXOGRAFIA DAS EMBALAGENS

A indústria calçadista objeto deste estudo utiliza o processo de flexografia para imprimir a logomarca da empresa nas embalagens destinadas à comercialização do produto. Assim, o ponto de partida do estudo em questão concentrou os esforços em avaliar a durabilidade das tintas usadas nesse processo.

Inicialmente, verificou-se que as tintas usadas no processo de flexografia após um determinado tempo de utilização se transformavam em resíduos sólidos (borra), sendo, assim, seu uso inviável para finalidade destinada, resultando em resíduos descartáveis que, se descartados de forma inadequada, poderiam gerar impactos ambientais, e custos extras para a empresa.

Portanto, objetivo principal do trabalho, focou na aplicação de técnicas sustentáveis para a reciclagem e reutilização dos resíduos das tintas, transformando-os em matéria prima para serem reutilizados no processo de flexografia.

3.3 COLETA DOS DADOS

O processo de flexografia foi monitorado durante 4 meses. Durante esse período os resíduos gerados foram recolhidos e registrados diariamente para comparações com a quantidade de tinta usada no início da impressão. Os dados obtidos foram compilados mensalmente com o propósito de obter uma estatística da quantidade de resíduos gerados. Posteriormente, foi elaborada uma proposta para a reciclagem destes resíduos.

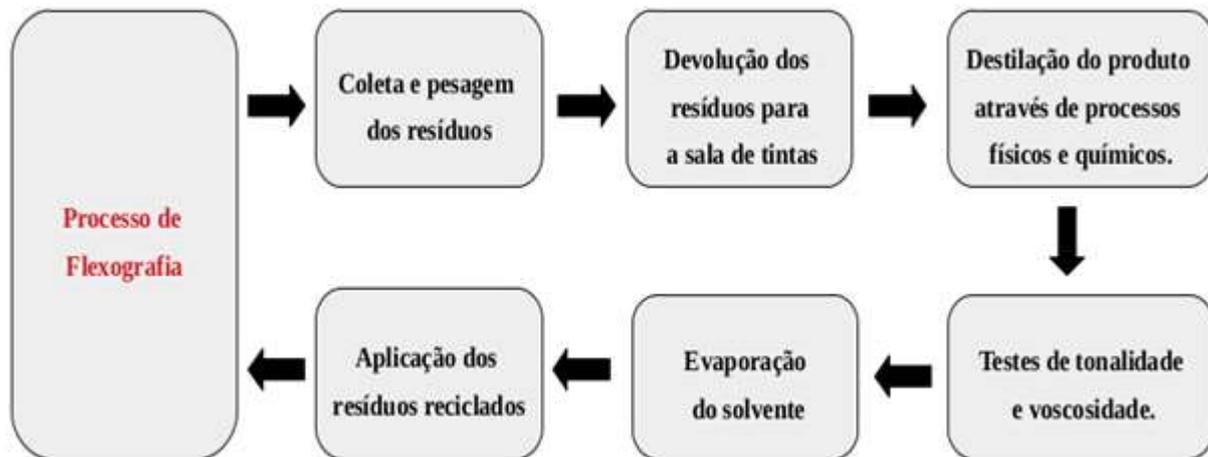
3.4 ATRIBUIÇÕES

Os dados coletados durante os 4 meses de pesquisa foram usados para nortear as ações dos diversos setores responsáveis da empresa. Os setores de laboratório e destilaria responsáveis pelas análises dos resíduos, de sustentabilidade responsável pelo manuseio e descarte da matéria-prima (resíduos), de engenharia responsável pelo estudo realizado no piso de fábrica. Outras atividades envolvendo a matéria prima, geradora dos resíduos, analisaram os custos decorrentes do descarte dos resíduos, propostas de reciclagem e definição de fluxo de reciclagem do produto.

3.5 FLUXO DA RECICLAGEM

A reciclagem dos resíduos, foi realizada em etapas previamente estabelecidas, como mostrado no diagrama da Figura 1.

Figura 1. Representação esquemática do fluxo de reciclagem dos resíduos de tinta flexográfica.



Fonte: Autores.

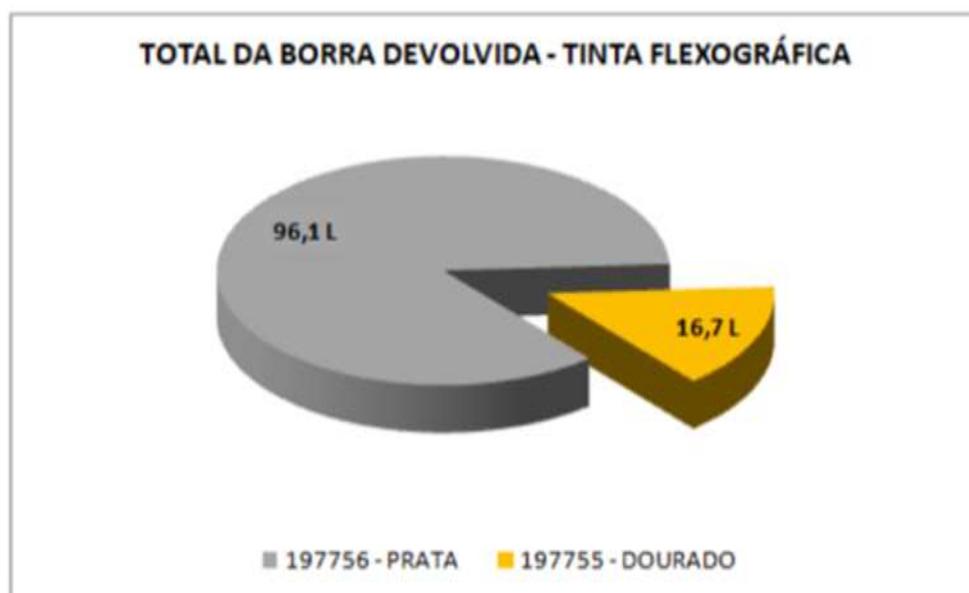
- (i) Coleta e pesagem dos resíduos (borra da tinta). Inicialmente, os resíduos de tinta passam por um processo de filtragem com a finalidade de retirar os resíduos impróprios para reciclagem;
- (ii) Devolução dos resíduos para a sala de tintas. Após a filtragem, é realizada a estequiometria dos materiais usados no processo de reciclagem. Os resíduos de tinta, numa proporção estabelecida, são adicionados a um solvente usado no processo de reciclagem.
- (iii) Destilação do produto através de processos físicos e químicos. A mistura composta pelos resíduos e o solvente passa por uma etapa de homogeneização durante 10 minutos.
- (iv) Testes de tonalidade e viscosidade. Finalizado o processo de homogeneização uma amostra da tinta reciclada é enviada ao laboratório para a realização dos testes de viscosidade. Nessa etapa, utiliza-se um copo Ford como ferramenta de medição, onde é feito a verificação da tonalidade e viscosidade.
- (v) Evaporação do solvente. Na etapa seguinte a mistura é aquecida em uma estufa a temperatura de 105°C durante 2 horas para a retirada do solvente, resultando apenas na fração sólida da tinta reciclada.
- (vi) Aplicação dos resíduos reciclados no processo de flexografia. A tinta reciclada retorna ao processo de flexografia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho de pesquisa estudou duas tintas usadas no processo flexografia: prata e dourada. Durante o período avaliado foram coletados 96,1 e 16,7 litros de resíduos (borra de tinta) gerados pelas tintas prata e dourada, respectivamente (Figura 2).

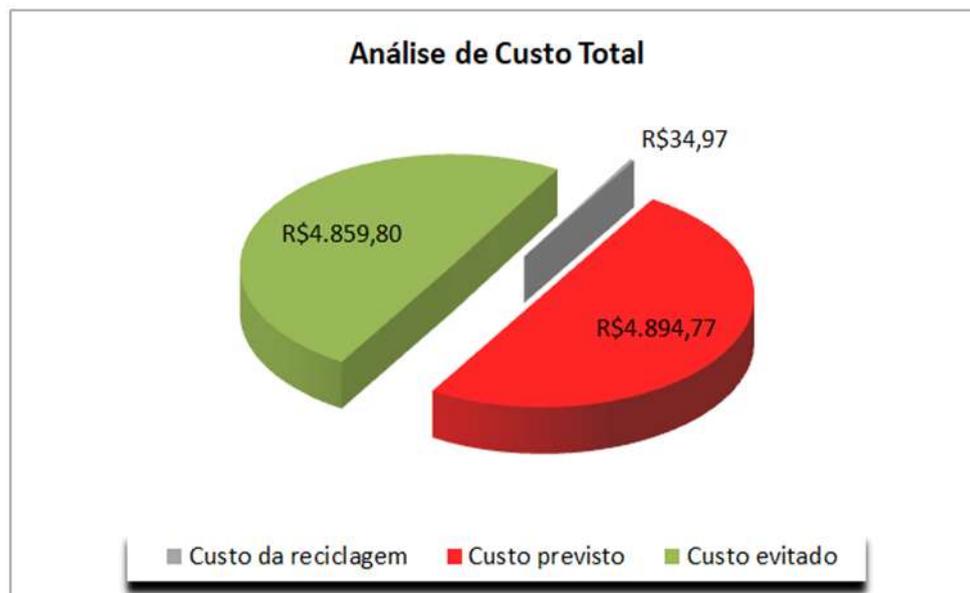
Os valores comerciais das tintas prata e durada estimados na data da pesquisa foram R\$ 43,38 e R\$ 43,47 por litro, respectivamente. O processo de reciclagem dos resíduos gerou um custo de R\$ 34,97. A adoção de medidas sustentáveis, portanto, acarretou a empresa uma economia de R\$ 4.859,80, além de evitar o descarte dos resíduos e, conseqüentemente, danos ao meio ambiente. A Figura 3 ilustra o balanço financeiro envolvendo a reciclagem dos resíduos da tinta.

Figura 2: Resíduos gerados pelas tintas prata e dourada durante 4 meses.



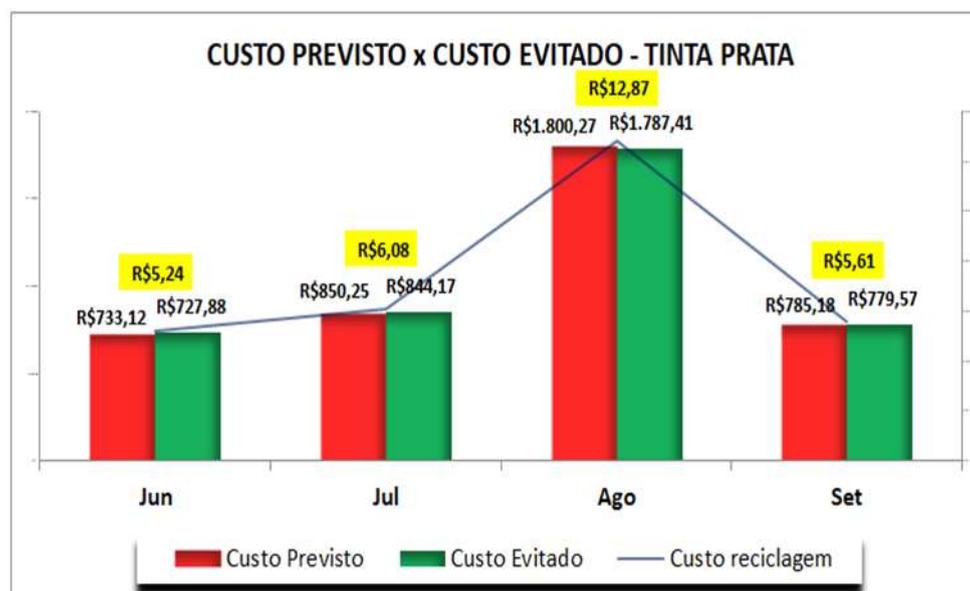
Fonte: Autores.

Figura 3: Custos envolvidos no processo de reciclagem dos resíduos de tinta.



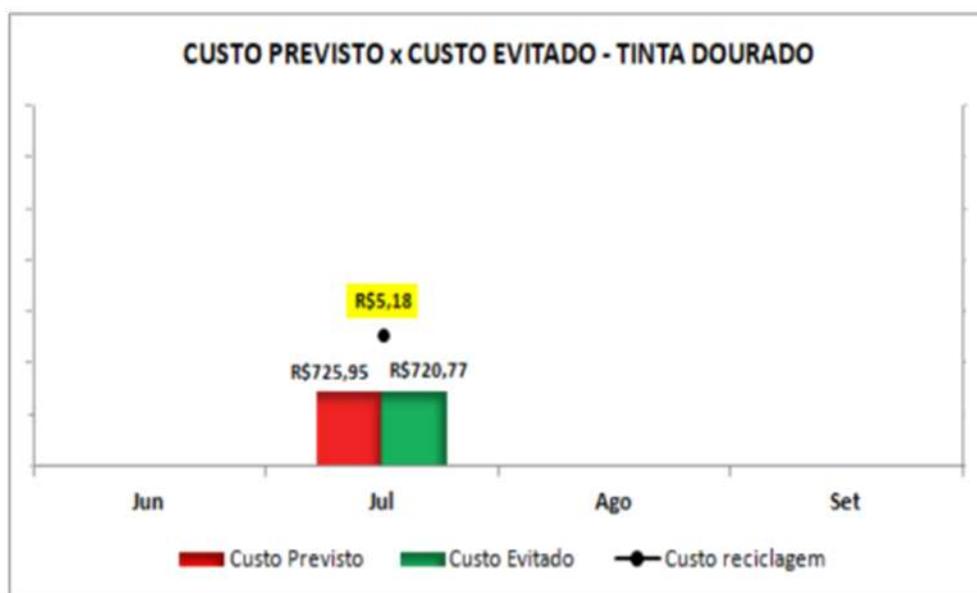
Fonte: Autores.

Figura 4: Gráfico da avaliação quadrimestral de custo previsto x custo evitado da tinta prata.



Fonte: Autores.

Figura 5: Gráfico da avaliação quadrimestral de custo previsto x custo evitado da tinta dourada.



Fonte: Autores.

Outra abordagem consistiu em uma análise comparativa considerando a quantidade de resíduos gerados no processo de flexografia: custo previsto versus custo evitado. Verificou-se que o processo de reciclagem dos resíduos das tintas resultou, além da redução do descarte de resíduos no meio ambiente, em vantagens financeiras para empresa. Uma vez, que a quantidade de resíduos que seriam descartados, precisariam ser comprados para reposição do estoque da indústria.

As análises realizadas durante a pesquisas mostraram que as vantagens foram mais destacadas para a tinta prata. Os dados que avaliam os custos previstos versus custos evitados estão ilustrados nas Figuras 4 e 5.

5. CONCLUSÕES

Atualmente, as indústrias dos diversos setores, entre eles o calçadista, precisam melhorar continuamente seu desempenho para permanecerem competitivas, o que justifica a demanda constante por novas tecnologias relacionadas a produtos e serviços. No entanto, agregado aos avanços tecnológicos existe uma necessidade crescente da implementação técnicas de desenvolvimento sustentável como um projeto social e político das indústrias. Assim, muitas indústrias vêm direcionando esforços, no intuito de encontrar meios para desenvolver-se aplicando princípios e metodologias ambientalmente sustentáveis.

Uma técnica sustentável baseado no princípio dos 3R's (reciclagem) foi aplicada com sucesso em uma indústria do setor de calçados. Resíduos de tinta oriundos de tintas usadas em um dos processos da empresa reciclados usando técnicas de baixo custo. Essa abordagem sustentável resultou na redução dos resíduos descartados no meio ambiente, dos custos da empresa com a compra de material, além de ser uma técnica reproduzível e inovadora.

O trabalho de pesquisa ressalta importância do desenvolvimento sustentável, fornecendo dados qualitativos e quantitativos sobre processos de reciclagem, além de fornecer relevantes contribuições científicas e tecnológicas para os profissionais da área de Engenharia e ciências. A importância e os benefícios alcançados a partir da implementação de técnicas sustentáveis como sendo um diferencial pelas empresas, também recebe um papel de destaque.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Centro Universitário INTA – UNINTA e a empresa GRENDENE por disponibilizar suas infraestruturas para a realização do trabalho de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ARARUNA, C. L.; LOOS, M. J. Análise de maturidade da sustentabilidade corporativa em uma indústria de calçados. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 2018; 7(3):777 – 804.
- CHAVES, G. L. D.; SANTOS JR, J. L.; ROCHA, S. M. S. (2014). The challenges for solid waste management in accordance with Agenda 21: A Brazilian case review. *Waste Management & Research*, 2014; 32(9):19 – 31.
- CHEAH, L.; CICERI, N. D.; OLIVETTI, E.; MATSUMURA, S.; FORTERRE, D.; ROTH, R.; KIRCHAIN, R. Manufacturing-focused emissions reductions in footwear production. *Journal of Cleaner Production*, 2013; 44:18 – 29.
- ELKINGTON, J. *Sustentabilidade: Canibais com garfo e faca*. 1. ed., São Paulo, Mbooks, 2011.
- FLACH, M. V.; SEIBT, E.; SCHNEIDER, E. L.; DE LIMA, V.; SOLDI, V.; ROBINSON, L. C.; BIANCHIN, L.; JAHNO, V. D. Reciclagem de Resíduos da Indústria Calçadista e Avaliação da Degradação em Solo. *Revista Virtual de Química*, 2017; 9(6):2178 - 2192.
- GLAVI, P.; LUKMAN, R. Review of sustainability terms and their definitions. *Journal of Cleaner Production*, 2007; 15:1875 –1885.
- JIBRIL, J. D.; SIPAN, I. B.; SAPRI, M.; SHIKA, S. A.; ISA, M.; ABDULLAH, S. 3Rs Critical Success Factor in Solid Waste Management System for Higher Educational Institutions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2012; 65:626 – 631.
- KOPPIAHRAJ, K.; BATHRINATH, S.; SARAVANASANKAR, S. Leather waste management scenario in developed and developing nations. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 2019; 9(154):852 – 857.
- LUNA, R. A.; VIANA, F. L. E. O papel da política nacional dos resíduos sólidos na logística reversa em empresas farmacêuticas. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 2019; 13(1):40–56.
- MIA, A. S.; NUR-E-ALAM; MURAD, A. B. M. W.; AHMAD, F.; UDDIN, M. K. Waste Management & Quality Assessment of Footwear Manufacturing Industry in Bangladesh: An Innovative Approach. *International Journal of Engineering and Management Research*, 2017; 7(4):402 – 407.
- MIA, A. S.; NUR-E-ALAM; RAHMAN, L.; UDDIN, M. K. Footwear Industry in Bangladesh: Reduction of Lead time by using Lean Tools. *Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology*, 2017; 6(3):251 – 259.
- MORELLI, J. Environmental Sustainability: A Definition for Environmental Professionals. *Journal of Environmental Sustainability*, 2011; 1(1):1 – 9.
- SCOTT, A. J. The Changing Global Geography of Low-Technology, Labor-Intensive Industry: Clothing, Footwear, and Furniture. *World Development*, 2006; 34(9):1517 – 1536.
- STAIKOS, T.; RAHIMIFARD, S. A decision-making model for waste management in the footwear industry. *International Journal of Production Research*, 2007; 45(18):4403 – 4422.

STAIKOS, T.; RAHIMIFARD, S. Post-consumer waste management issues in the footwear industry. Part B: J. Engineering Manufacture, 2007; 221(2):363–368.

TEIXEIRA, I. T.; ROMANO, A. L.; FILHO, A. G. A. A diferenciação de produtos na indústria de calçados plásticos brasileiros. FACEF Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão, 2014; 17(2):174 – 84.

TRISTÃO, H. M.; OPRIME, P. C.; JUGEND, D.; SILVA, S. L. Innovation in Industrial Clusters: a Survey of Footwear Companies in Brazil. J. Technol. Manag. Innov., 2013; 8(3):45 –56.

VIEGAS, C., FRACASSO, E. M. Capacidade Tecnológica e Gestão de Resíduos em Empresas de Calçados do Vale do Sinos: Estudo de Dois Casos. Revista de Administração Contemporânea, 1998; 2(2):41- 62.

Capítulo 19



10.37423/210504094

COMPUTATIONAL SOFTWARE FOR EDUCATIONAL AND PRACTICAL PURPOSES: FOPDT IDENTIFICATION AND PI-IMC TUNING

R. B. Araujo

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará*

D. C. Jeronymo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A. A. R. Coelho

Universidade Federal de Santa Catarina



Abstract: Identification, PID controller tuning and advanced control system design are necessary theoretical contents and of fundamental importance in the academic formation of electrical, chemical, automation and control engineers. Due to the complexity and abstraction levels of some control conceptions, several educational tools were developed with different characteristics and functionalities, trying to lessen the hardships in the teaching/learning relationship and offering to the students a larger set of options to understand and to improve these theoretical contents. This paper presents a new computational tool as an alternative for training, teaching and learning useful to allow First-Order Plus Dead-Time (FOPDT) model identification and related to the PI control tuning with Internal Model Controller (IMC), both using simplified models from the FOPDT representation. This educational software, called PIPIMC, has an interface that is pleasant, motivational and intuitive for the user, produces interesting dynamic results and was developed in Matlab environment.

Keywords: Laboratory education, computer aided design, FOPDT modelling, PI control, stability.

INTRODUCTION

Identification, dynamic, stability, control system, robustness and uncertainty are important control topics in disciplines of undergraduate courses in the Control Engineering curriculum, having great implications in the user skills of system identification concepts and classical or advanced design techniques of PI and PID controller tuning aspects^[1, 2].

According to Hedjar (2014)^[3], process identification and modeling are key concepts in engineering courses and are fundamental in the engineering academic formation. Linear models are well established, for example, for classical and advanced controller design, although, in most cases they do not describe all physical aspects of the system, but can represent the dynamic response with few parameters, or even in a frequency range, facilitating the controller design, especially in PID control systems (representing 90% of all industrial applications). From the process control point of view, there is a diversity of first-order and second-order modeling methods to estimate the parameters that capture the real plant dynamic characteristic^[4, 5].

Currently, Process Control is a fundamental part of modern manufacturing environments and is essential for high efficiency. PID controllers are widely used because can provide good solutions for most systems, where the tuning parameters of the controllers are part of day-to-day activities of engineers. A traditional tuning method for PID controllers fairly widespread in academia and industry communities is based on first-order transfer function with dead-time (FOPDT), due to its simplicity combined with applicability and quality to approximate real systems, composed by first-order dynamic, especially in chemical and petrochemical applications^[2, 6].

Plant model representations have several reports and books for control tuning and being used to calibrate the PID controller settings using the gain K_p , the time constant τ and the dead-time ϑ . Advanced design techniques of PI and PID controllers, based on FOPDT models, are being developed and applied in industry. The Internal Model Controller (IMC) design, the focus of this paper, is an effective control technique using first-order models, simple to use, and supporting industrial equipments and softwares^[7, 8, 9].

In the formation of control, electrical, chemical and automation engineers, there are theoretical concepts in modeling, identification and control system design, where these ideas are of complex understanding for students, generating many difficulties. In order to consolidate and to ensure classical and advanced control theoretical knowledge, it is important to motivate teachers and

researchers involved in the engineering education field to go beyond the scope of traditional methodologies, e.g., using computational environments to aid the teaching and learning of students, minimizing failure, truancy and gaps in training future engineers^[10, 11, 21, 22].

Nowadays, computer-aided learning tools are quite developed in various engineering areas, including system identification and PID controller, facilitating teaching and learning, and improving quality. However, there is a lack of comprehensive, efficient tools, easily accessible to support students with the possibility of using real data (making this task challenging for the purpose of tuning of control loops)^[2, 12, 13, 14].

This paper presents the development of a new computer-aided teaching tool to be used in FOPDT processes modeling and PI controller tuning with IMC design. The computational environment, called PIPIMC, has an interface which is pleasant with the student, developed in Matlab software and potentially is shown in an experimental case study for a temperature plant (but it can be used in simulation examples scenarios). The effectiveness of the computational tool is described properly and it wins significance with three transfer functions models. There is also the possibility to load real measurements that can be obtained from open- or closed-loop simulations. Finally, in order to support the user, the paper gives some directions on how to use for education purposes as a valuable information guide that is currently being used in feedback control systems disciplines of the process control area^[15].

It is important to observe that this computational environment has been used for years in disciplines including signals and systems, dynamic systems, identification and control system design in undergraduate courses of automation and control engineering at Federal University of Santa Catarina (UFSC), Federal Institute of Education, Science and Technology of Pará (IFPA) and Federal University of Paraná (UFPR) in Brazil. The PIPIMC software is still under development and until now the feedback from the students is good. Informal conversation with a group of teachers and students that have used to support in control lectures and simulations are indicating a positive feedback. The reader is cordially invited to visit the web site

<https://drive.google.com/drive/folders/1FT4XAcaeXiluXqC3fYa5YAJRAuIGbfOQ?usp=sharing> to test and to assay the features of the PIPIMC software.

The paper is organized as follows. Section 2 summarizes the theoretical contents to estimate FOPDT model systems and PI controller tuning rules with IMC design for assessing the benefits of choosing particular tuning parameters in setpoint tracking simulations. Section 3 gives a detailed description of

the developed software, with its structure, functionality and practical measurements from the open-loop application of a temperature control system. Finally, section 4 presents some conclusions.

PROCESS IDENTIFICATION OF THE CLASSICAL FOPDT MODEL

In this section a brief review of identification methods to obtain the pattern FOPDT model and PI tuning rules by IMC technique with simplified process transfer functions (FOPDT). Both identification methods and PI tuning are included in the proposed computational tool.

The research area of dynamic system identification has witnessed a variety of methods based on the plant step response to estimate the parameters K_p , τ and θ . In addition, a large number of industrial processes can be approximated and characterized by a FOPDT transfer function as follows:

$$P_m(s) = \frac{K_p e^{-\theta s}}{\tau s + 1} \quad (1)$$

with K_p the static gain, τ the time constant and θ the dead-time. These parameters that can be obtained numerically or experimentally from open-loop or closed-loop step tests to be used in the PI controller tuning stage^[3, 6, 16]. Figure 1 illustrates Ziegler-Nichols and Haugglund modeling methods, Figure 2 shows two others modeling methods and the time instants required to obtain the parameters of the Equation (1)^[1, 4].

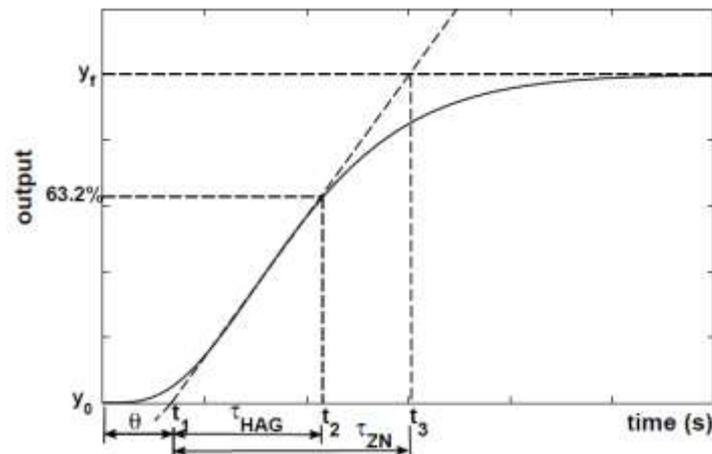


Figure 1. Ziegler-Nichols and Haugglund methods for FOPDT modeling.

The static gain is determined by $K_p = (y_f - y_0)/(u_f - u_0)$ and the Smith-Corripio and Sundaresan-Krishnaswamy methods are performed by the following equations, respectively: $(t_1, t_3) = (0.283y_f, 0.632y_f)$; $\tau = 1.5(t_3 - t_1)$; $\theta = 1.5t_1 - 0.5t_3$ and $(t_2, t_4) = (0.353y_f, 0.853y_f)$; $\tau =$

$0.67(t_4 - t_2)$; $\theta = 1.3t_2 - 0.29t_4$. Another FOPDT identification test used in literature is based on method of areas of the step response as described in Nishikawa et al. (1984)^[17].

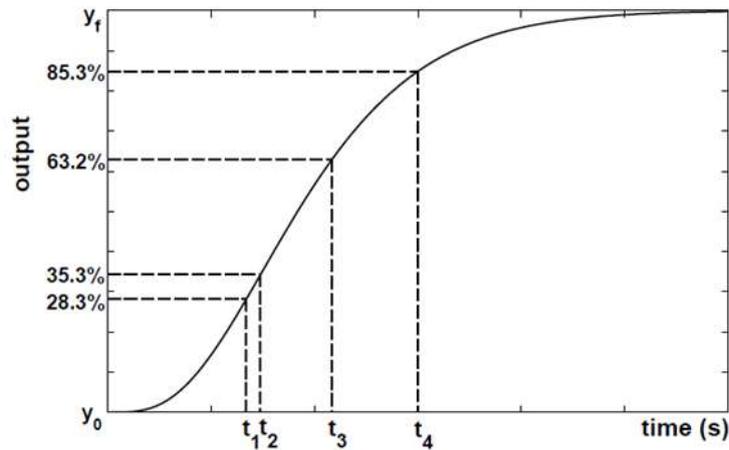


Figure 2. Smith-Corripio and Sundaresan-Krishnaswamy methods for FOPDT modeling.

In some cases the open-loop step dynamic test can be difficult to obtain experimentally (e.g., integrator or unstable processes), making the FOPDT model parameters estimation unfeasible. For these cases, it is possible to get the measures employed in the identification module by the closed-loop test. The closed-loop estimation procedure discussed in this paper was proposed in Åström and Hägglund (2006)^[6]. The system must be stable, convergent in the steady-state and, from the closed-loop response, the following parameters are obtained as shown in Figure 3. The process parameters are calculated by the following relationships: $K_p = 1/(K_{co}B)$; $B = |\Delta y_s - \Delta y_\infty|/\Delta y_\infty$; $\theta = t_p(0.309 + 0.209e^{-0.61r})$; $r = 2A/B$; $A = 1.152D^2 - 1.607D + 1$; $D = (\Delta y_p - \Delta y_\infty)/\Delta y_\infty$; $\tau = r\theta$; $\Delta y_\infty = 0.45(\Delta y_p - \Delta y_u)$ and the meaning can be found in Åström and Hägglund (2006)^[6].

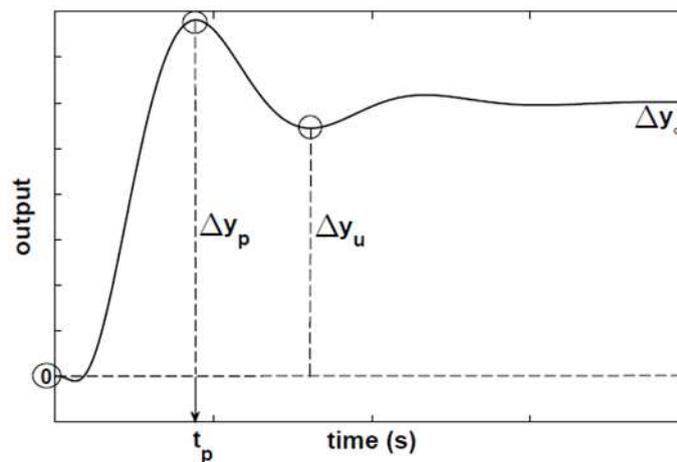


Figure 3. Closed-loop response with proportional controller.

Equations (2) are used for analysis of the FOPDT model identification and are based on the following indices:

$$MVI = \left(1 - \frac{|Y_s(t) - Y(t)|}{|Y(t)|}\right), \quad MCI = \frac{\theta}{(\tau + \theta)} \quad (2)$$

where MVI is the model validation index, $Y(t)$ is the real data output vector, $Y_s(t)$ is the simulated data output vector and MCI is the model characterization index. A high degree of consistency shows MVI around 0.9 while MCI shows the FOPDT model characteristic, which ranges from 0 to 1. Reasonable intervals are defined as $0 \leq MCI \leq 0.2$ for lag-dominant dynamic, $0.2 < MCI < 0.7$ for balanced system and $0.7 \leq MCI \leq 1$ for delay-dominant^[16, 18].

PI-IMC CONTROLLER DESIGN

The main feature of the IMC controller design is the simple control structure, with few parameters to tune and the ease of interpretation of the calibration. The IMC controller can improve the robustness and performance in systems with long dead-time and whose feedback compensation contributes to deal with mismatch model and disturbances^[4, 7, 19].

The IMC design procedure employs the inverse of minimum phase dynamic and adds a low-pass filter in order to ensure the implementation of the control signal, as well as guaranteeing reference tracking, disturbance rejection, stability and robustness. The topology of IMC controller is given in Figure 4^[7, 8].

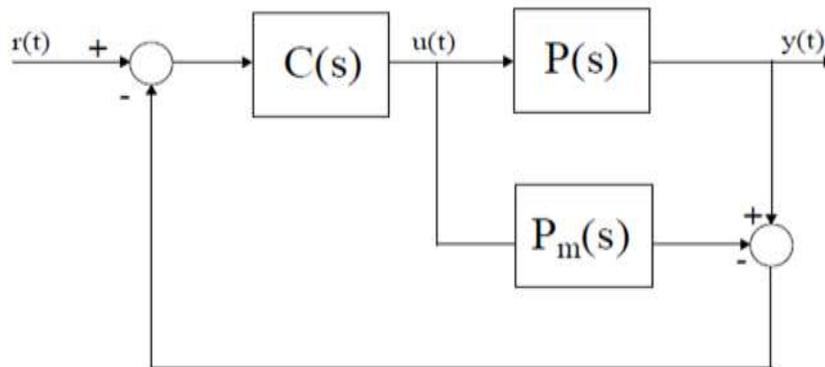


Figure 4. Diagram of the IMC control structure.

Assuming that the closed-loop control system is stable, the following relationship can be obtained:

$$Y(s) = \frac{C(s)P(s)}{1 + C(s)[P(s) - P_m(s)]} R(s) \quad (3)$$

where $P_m(s) = P_m^+(s)P_m^-(s)$, $P_m^+(s)$ contains the non-minimum phase and dead-time elements while $P_m^-(s)$ contains the minimum phase. A low-pass filter has unitary gain and is added in series with the IMC control law. The IMC controller

transfer function takes the form of Equation (4), where λ and n define the closed-loop time constant and order of the filter, respectively. The selection of λ specifies the closed-loop response to reference changes (regulating the control energy).

$$C(s) = \frac{F(s)}{P_m^-(s)}, \quad F(s) = \frac{1}{(\lambda s + 1)^n} \quad (4)$$

Most automatic controllers used in industry are PID. Reasons of the closed-loop operational efficiency are treatment of plants with long dead-time and simplicity of programming/installation as a field control device. The discussion in this paper addresses for the PI control structure. The ideal form of the analog PI controller has the following equation:

$$u(t) = K_c \left\{ e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt \right\}, \quad C(s) = K_c \left\{ 1 + \frac{1}{T_i s} \right\} \quad (5)$$

where $u(t)$ is the control signal, $e(t) = r(t) - y(t)$ is the system error, K_c is the proportional gain and T is the integral time^[1, 2, 16].

To improve the efficiency of the PI controller for complex plants, various calibration rules have been proposed since the pioneer work of J. G. Ziegler and N. B. Nichols in 1942. In general, PI controller design techniques can be based on heuristic, analytical (parametric and non-parametric), intelligent and advanced methodologies. To obtain the corresponding equivalent structure between IMC and PI controllers, the block diagram of Figure 4 can be rearranged according to Figure 5.

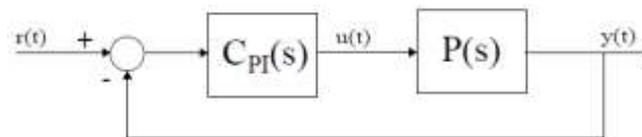


Figure 5. Block diagram of the PI-IMC control design.

Comparing the two control systems of Figures 4 and 5, the PI controller has the form

$$C_{PI}(s) = \frac{C(s)}{1 - C(s)P_m(s)} = \frac{P_m^-(s)^{-1}F(s)}{1 - P_m^+(s)F(s)} \quad (6)$$

Assuming the plant with FOPDT model, Equation (1), then through the following IMC design approach, it is possible to write

$$P_m(s) = \frac{K_p e^{-\theta s}}{\tau s + 1} \approx \frac{K_p(1 - \theta s)}{\tau s + 1} = P_m^-(s)P_m^+(s), \quad P_m^-(s) = \frac{K_p}{\tau s + 1}, \quad P_m^+(s) = (1 - \theta s) \quad (7)$$

and substituting in Equation (6), the PI transfer function is obtained and the controller tuning parameters are given by

$$C_{PI}(s) = \frac{\tau}{K_p(\lambda + \theta)} \left\{ 1 + \frac{1}{\tau s} \right\}, \quad K_c = \frac{\tau}{K_p(\lambda + \theta)}, \quad T_i = \tau \quad (8)$$

For evaluation of the closed-loop behavior of different PI tuning rules, robustness measures such as gain margin (GM) and phase margin (PM) are employed. Typical values are $2 < GM < 6$ and $29^\circ < PM < 49^\circ$. Another index of robustness is the peak value of maximum sensitivity function, for which small values are desired, i.e., $1.2 < M_s < 2$. For $M_s < 2$ ensure $GM > 2$ and $PM > 29^\circ$ [4, 16]. Some popular guides to tune the time constant λ can be obtained as follows: Grimholt and Skogestad (2012)^[7] - $\lambda > 0.1\tau$ or 0.8θ (loop response with 10% to 15% of overshoot) or $\lambda > 0.5\tau$ or 4θ (loop response without overshoot), Chien and Fruehauf (1990)^[19] - $\tau > \lambda > \theta$, Rivera et al. (1986)^[8] - $\lambda = \theta$. Table 1 shows PI-IMC tuning rules for simplified models from the FOPDT transfer function (the dead-time is converted to zero or pole in order to approximate open-loop reduced-order representations without delay).

Results of Table 1 open perspectives for changing K_c and T_i tuning parameters through the selection of λ and T_s or by changing the approximated model. Also, robustness analysis (model uncertainty) can be assessed to ensure and to guarantee the closed-loop loop specifications.

Table 1. PI-IMC tuning via simplified models of FOPDT estimation.

First-Order Model	PI-IMC Tuning
$\frac{K_P e^{-\theta s}}{\tau s + 1} \approx \frac{K_P(-\theta s + 1)}{\tau s + 1}$	$K_c = \frac{\tau}{K_P(\lambda + \theta)} \quad T_i = \tau$
$\frac{K_P e^{-\theta s}}{\tau s + 1} \approx \frac{K_P}{\tau s + 1}$	$K_c = \frac{\tau}{K_P \lambda} \quad T_i = \tau$
$\frac{K_P e^{-\theta s}}{\tau s + 1} \approx \frac{K_P}{(\tau + \theta)s + 1}$	$K_c = \frac{(\tau + \theta)}{K_P \lambda} \quad T_i = \tau + \theta$
$\frac{K_P e^{-\theta s}}{\tau s + 1} \approx \frac{K_P}{(\tau + \theta/2)s + 1}$	$K_c = \frac{2\tau + \theta}{2K_P \lambda} \quad T_i = \tau + \frac{\theta}{2}$
$\frac{K_P e^{-\theta s}}{\tau s + 1} \approx \frac{\bar{K}_P}{s}(-\theta s + 1), \quad \bar{K}_P = \frac{K_P}{\tau}$	$K_c = \frac{(2\lambda + \theta)}{K_P(\lambda + \theta)^2} \quad T_i = 2\lambda + \theta$

SOFTWARE DESCRIPTION WITH MEASUREMENTS FROM A PRACTICAL APPLICATION

Laboratory practice activities are important in control engineering courses. They provide better learning, ensure important skills and motivate advanced studies. In the automatic control area there are several proposals for experimental laboratory education and also development of computational tools in order to offer for the student practical activities for a better understanding of the theory. However, many of those tools are limited and have features for certain types of applications, not

exploring in more depth the methodologies and theoretical contents necessary to ensure a more effective learning^[13, 3, 11].

In order to give an alternative educational package to be used not only in teaching identification but also in PI controller tuning lectures, a new computational tool, called PIPIMC, is presented in this paper. The software has been developed using Matlab environment, and graphical interfaces have been implemented with the resources GUIDE (User Interface Development Environment). The purpose involves the use of the software as a teaching and learning environment, motivational, pleasant and allowing the student autonomy when working on experiments, with clear objectives and sequentially arranged in the preparation of experiments. Regarding the PIPIMC tool, it can be used anywhere on a computer with or without Matlab installation, because a Matlab virtual machine is embedded in the software.

Simulation results presented in this paper illustrate the potential of the proposed software tool, and the output data was acquired from a temperature control system developed at the Automation and Control Laboratory of the Federal University of Santa Catarina, as illustrated in Figure 6.

The process consists of a box made of wood and acrylic. Lamp input voltage is controlled to regulate the temperature inside the box, responsible for the generation of heat within the apparatus (control signal). There is a cooler attached, which is calibrated with a DC voltage to operationalize both setpoint tracking and temperature dynamic. The temperature measurement (output signal) is performed by LM35 device, a sensor manufactured by National Semiconductor. Measurement and actuator electronic circuits are ranging from 0 to 5 V and shown in Figure 7.

The main window of the software PIPIMC is shown in **Process Modeling - FOPDT** interface (Figure 8) and was developed for the FOPDT process estimation, where the students by configuring the interface, can model different kinds of systems with first-order transfer function characteristics, utilizing some existing methods in the literature. In this interface, the students have the freedom to choose which process model to simulate, in which the following available transfer functions are: i) third-order (balanced dynamic), ii) eighth-order with dead-time (delay-dominant) and, iii) first-order with dead-time (lag dominant). Besides these process models, simulated numerically, the students can embed other numerical or real data both open-loop and closed-loop exercises, to execute different tests, i.e., the students can perform experiments, save this data in a file with extension ".dat" and use the software to find the corresponding FOPDT transfer function.

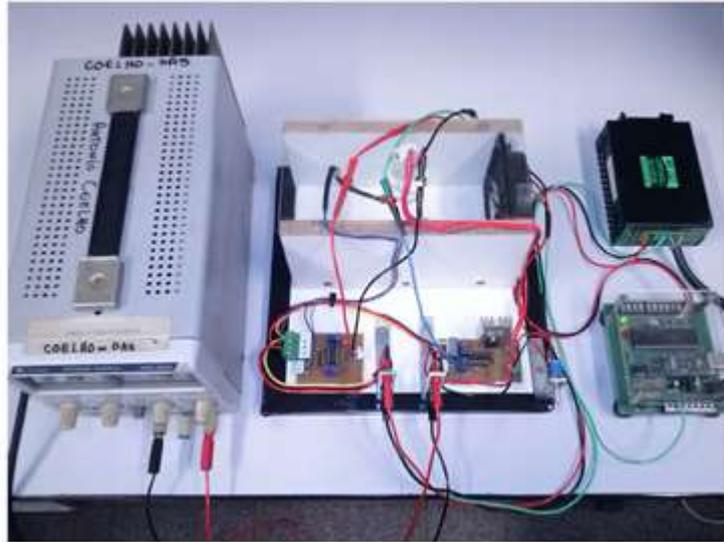


Figure 6. Experimental setup of the temperature control system.

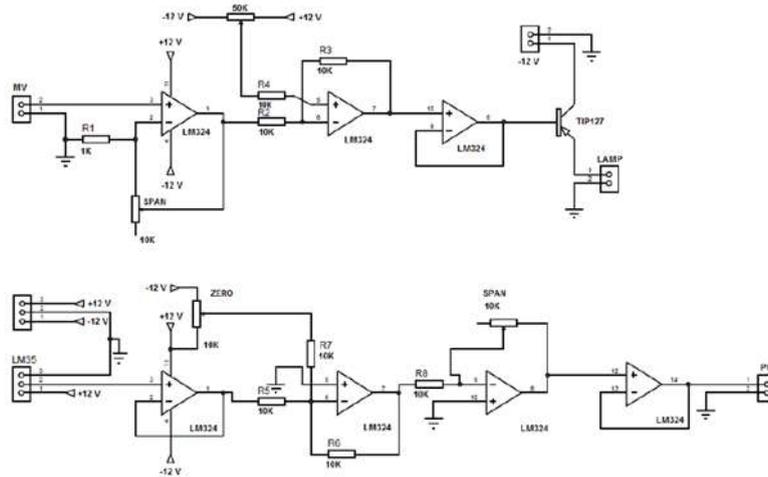


Figure 7. Electronic circuits to measure the input and output variables for the temperature apparatus.

It is important to observe that although only three transfer function models are shown in PIPIMC, there is a possibility to simulate a number of stable plants by the step test response, e.g., using Simulink to generate numerical data to be inserted as loading data (open- or closed loop implementations) or real data can be also used.

In PIPIMC, the students use simplified models from FOPDT identification with the following methods: Ziegler-Nichols, Hagglund, Smith-Corripio, Sundaresan-Krishnaswamy, Nishikawa, for open-loop test and the method proposed by Åstrom and Hagglund (2006)^[6] for closed-loop test. All methods implemented in the software return the estimated parameter numerical values,

as the static gain K_p , the time constant τ and the dead-time θ , so the student can build a mathematical model of the process, according to Equation (1), and can measure how fit the model close to the numerical or real data by MVI and MCI indices, as described in Equations (2) (see Figure 8).

For closed-loop modeling, the parameters K_{co} , dy_u , dy_s , dy_p and t_p must be inserted. The description of these variables and the control theory involved in the development of the software can be found in °Astrom and Hagglund (2006)^[6]. Looking at the window of Figure 8, through the button **IMC**, the students can open a new window (Figure 9), where different tuning are performed for PI controller with IMC design method for simplified models from FOPDT representation.

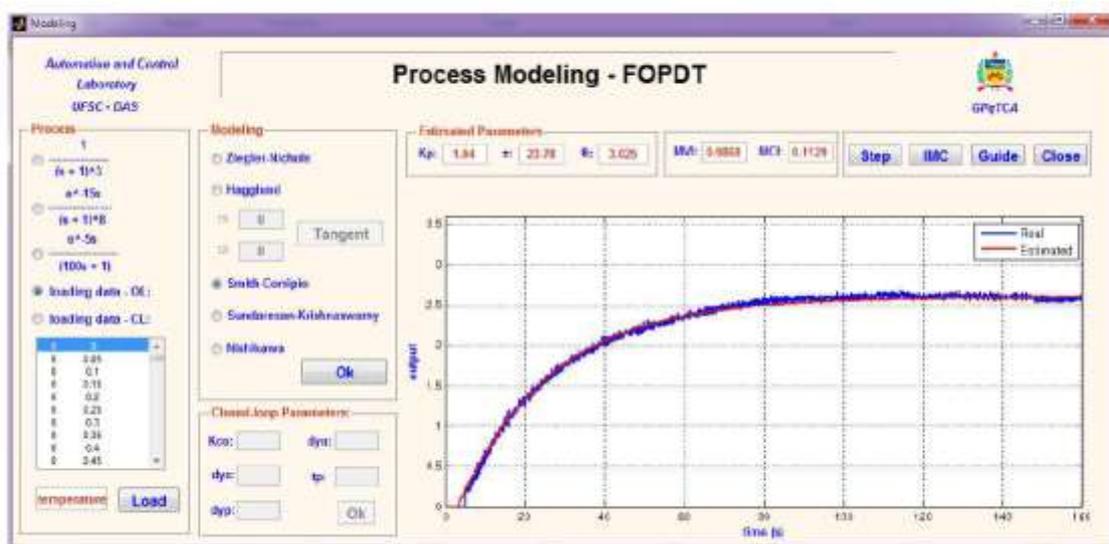


Figure 8. The main window of the software - FOPDT modeling.

In the window of **Tuning - PI/IMC** (Figure 9) the students can simulate five types of approximated models and evaluate through a graphics area and robustness indices, choosing which model and tuning are the best that adapt to the study of the controlled process, in order to meet the closed-loop performance specifications. To use the estimated parameters (button **Set**) from the window **Process Modeling - FOPDT** (Figure 8), the software migrates data from K_p , τ and θ , to the window **Tuning - PI/IMC**.

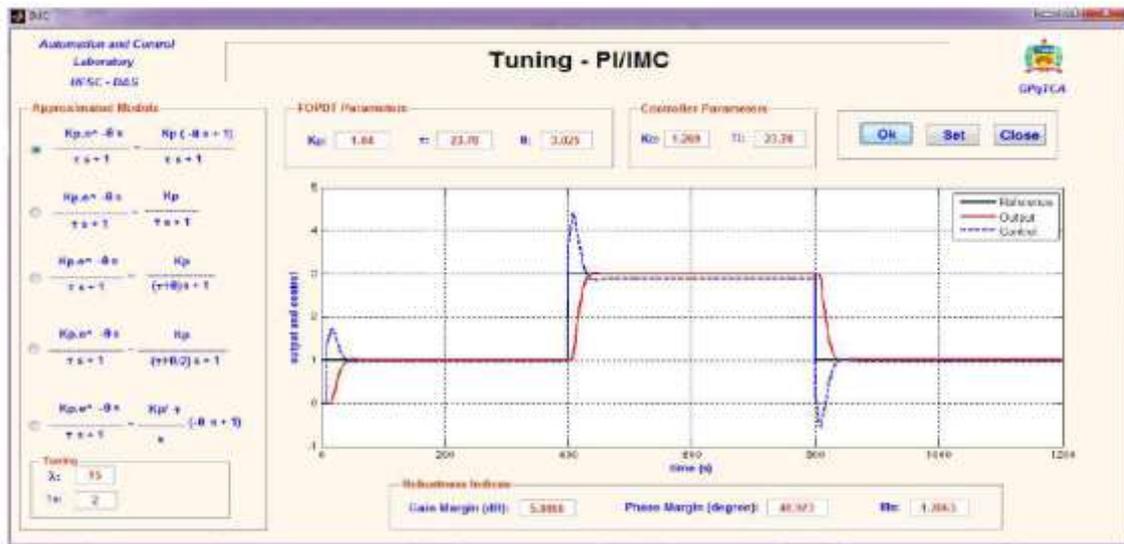


Figure 9. Window of the PI-IMC design task.

Now, the students must select the model that is used and insert the values of λ and T_s for PI controller parameter tuning, where λ represents the closed-loop energy dynamic that establishes the compromise between robustness and performance, T_s is the sampling period. The software plots the output, control and reference signals of the system, returns the values of PI controller parameters (K_c and T_i) and the robustness indices (gain margin, phase margin and M_s). Furthermore, it is possible to export the generated data, i.e., closed-loop responses, for further processing.

Figure 8 represents the simulation test on PIPIMC, using a data acquisition board, exhibiting an open-loop step response of the temperature process (see Figure 10). The input and output data were previously obtained with Simulink and stored in a file (temperature.dat). Next, the data set was loaded in **Process Modeling - FOPDT** interface (Figure 8) and the estimated parameters of equation (1) were fitted through the Nishikawa method, i.e., $K_p = 1.04$, $\tau = 23.78$ s and $\theta = 3.025$ s, $MVI = 0.9868$ and $MCI = 0.1129$ (this particular approximation is very good).

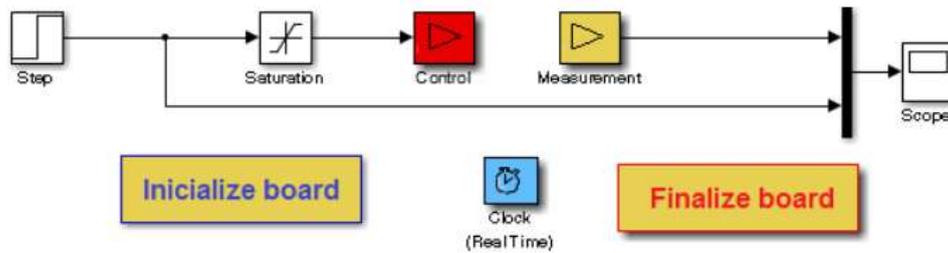


Figure 10. Simulink diagram for the on-line step test applied to the temperature system.

It is important to emphasize that Figure 9 shows noise-free, different from Figure 8. It is because Figure 9 employs the estimated mathematical model, as shown in Figure 8 (static gain K_p , time constant τ and dead-time θ). Output and control signals shown in Figure 9 are related to the model (only numerical simulation), just because the PIPIMC software does not have real time control functionality (it is not directly connected to a data acquisition board). The student can select the trade-off between performance and robustness by K_c and T_i , which can serve as a pre-tuning to be embedded in single-loop manufactured controllers.

Figure 9 shows the results of PI controller tuning by IMC design, with the calibration of K_c and T_i , suitable for this practical application, with first-order models, taking into consideration the robustness and performance indices for output and control signals. Configuration of **Tuning - PI/IMC** interface is set as follows: sampling period 2 s, $\lambda = 15$ s and model-1 of the approximated models frame. Observing the robustness indices ($GM = 5.8466$ dB, $PM = 48.973^\circ$ and $M_s = 1.2063$), that are in the range of typical values allowed and suggested in the literature, a good stability and robustness of the controlled process is guaranteed.

Highlighting the functionality of the proposed computational tool and exploring the educational and training aspects, the PIPIMC software was developed with the goal of providing the students with an efficient computer-aided tool. It allows each user to manage their activity in the educational purpose of the process control area taking into accounting these features:

1) Process estimation for FOPDT model: to use three transfer functions or real data with a data acquisition software, employing different identification techniques broadly used in the literature, with open-loop or closed-loop tests, to capture essential first-order dynamic models with dead-time (estimated parameters K_p , τ and θ) for the purpose of PI controller design. FOPDT model supports industry from Yokogawa, Honeywell, Emerson and Rockwell not only in the context of PID tuning but also in the control loop assessment.

2) PI controller tuning with IMC design: to evaluate different calibration methods for the PI controller with various approximated first-order models, observing the characteristic of each model on numerical closed-loop dynamics for setpoint tracking, through the adjustment of two parameters: closed-loop time constant λ and sampling period T_s .

3) Analysis of the closed-loop dynamic: to show in the graphical environment the contribution of PI controller parameters under different models of the classical FOPDT, observing the closed-loop dynamic, as well as the control effort and the related performance measures.

4) Sensitivity or robust analysis of the closed-loop system: to analyze the robustness indices as gain margin, phase margin and M_s , stability and robustness of the closed-loop system, enabling the systematic comparison between different models/tuning, and to find out the best PI gains to be embedded on a code, single-loop controller or PLC.

5) Tuning effect of reduced-order model: to approximate higher-order plant, as FOPDT model and to combine with the PI tuning. It allows to evaluate the advantages and disadvantages of reduced-order model, in terms of stability and performance of the closed-loop system, in particular, to understand model uncertainty on the loop stability.

6) Computational point of view: to perform using tests on numerical simulation or real data with agility, safety and motivation. Through the computational tool is possible, because the software was analyzed and assessed sometimes by evaluating several possibilities of errors in control systems disciplines. On the other hand, the implemented algorithms in the software can be written by students through Matlab code or Simulink block diagram, but these strategies can become tiresome and discouraging for the students, who do not have confidence that their control code or diagram is correct, in some cases giving up the tests, losing the opportunity to develop skills in analysis, design and evaluation of dynamic systems.

7) Educational application and feature: to consider PIPIMC software in control systems disciplines at UFSC, IFPA, UFPR and others control users. Nevertheless, PIPIMC has been successfully applied to support laboratory lectures, i.e., to estimate FOPDT model from a practical plant to be used in root-locus technique for PI and PID design to generate the corresponding digital control code, or to analyze robustness by the small gain theorem concerning model-plant mismatch (MPM) using a third-order plant, for example, to approximated models. These activities have been very positive for students. Also, taking into account the theoretical ideas described in Sections 2 and 3, they can be useful for teaching these control topics with perspectives for identification and control opportunities.

8) Tuning with real data for the industry: to be used in practice in order to capture essential dynamic response of real plants through the software. An industry engineer can collect measurements of a given experiment, load in PIPIMC, perform FOPDT plant identification, validate the model, tune the PI controller parameters and embed these values in digital devices. The PIPIMC tool can aid and provide an opportunity for various tests without compromising the operability and stability of the controlled system.

CONCLUSIONS

In this paper a computer-aided platform was presented to support teaching and learning issues in modeling and control design areas, more specifically for PI controller tuning with IMC design. The application of this computational tool as a software for teaching and learning allows students to explore the theoretical knowledge provided in the classroom, interact and consolidate their knowledge through different numerical or experimental system examples. Through PIPIMC users can verify the differences of various first-order models in the PI controller tuning stage. This is based on the control performance of the designed closed-loop system using the plotted control trajectories or on the numerical values of the robustness and performance indices (output and control effort, beyond the influence of the sampling period and the filter parameter λ on the closed-loop behavior of the controlled process).

The PIPIMC educational tool can be performed anywhere on a computer with or without Matlab, giving the students autonomy in developing their knowledge and research in different working environments. PIPIMC also has a substantial importance to the practical engineering. As a proposal for further research, we want to improve the software using contributions from users of other universities so that it can be used fully in on-line application studies. Additionally, other computational tools are under development to support learning aspect and to be useful as an educational resource for control education.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by the UFSC, IFPA and UTFPR.

REFERENCES

1. VISIOLI, A. *Practical PID Control*. Springer, London, UK, 2006.
2. GUZMAN, J. L.; RIVERA, D. E.; BERENGUEL, M.; DORMIDO, S. i-pIDtune: An interactive tool for integrated system identification and PID control, *IFAC Conference on Advances in PID Control*, Brescia, Italy, 2012.
3. HEDJAR, R. A laboratory-level control experiment for introducing predictive control to undergraduates, *International Journal of Electrical Engineering Education*, **51**, 27-42, 2014.
4. GUZMAN, J. L.; A°STRO°M, K. J., DORMIDO, S.; Ha°GGLUND, T.; PIGUET, Y.; BERENGUEL, M. Interactive learning module: Basic modeling and identification concepts, *17th IFAC World Congress*, Seoul, Korea, 2008.
5. SEBORG, D. E.; EDGAR, T. F.; MELLICHAM, D. A. *Process Dynamic and Control*, John Wiley & Sons, 2004.
6. A°STRO°M, K. J.; HA°GGLUND, T. *Advanced PID Control*. ISA Press, Research Triangle Park, N. J., 2006.
7. GRIMHOLT, C.; SKOGESTAD, S. Optimal PI-control and verification of the SIMC tuning rule, *IFAC Conference on Advances in PID Control*, Brescia, Italy, 2012.
8. RIVERA, D. E.; MORARI, M.; SKOGESTAD, S. Internal model control: PID controller design, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, **25**, 252-265, 1986.
9. SKOGESTAD, S. Simple analytic rules for model reduction and PID control tuning, *Journal of Process Control*, 291-309, 2003.
10. ALDEYTURRIAGA, R. O. G.; JUNIOR, C. A. A. L.; SILVEIRA, A. S.; COELHO, A. A. R. Low cost setup to support PID ideas in control engineering education, *10th IFAC Symposium Advances in Control Education*, Sheffield, UK, 2013.
11. ROSSITER, J. A. Using on-line lectures to support student learning of control engineering, *10th IFAC Symposium Advances in Control Education*, Sheffield, UK, 2013.
12. GONZALEZ, J. C.; GUZMAN, J. L.; DORMIDO, S.; BERENGUEL, M. Development of interactive books for control education, *10th IFAC Symposium Advances in Control Education*, Sheffield, UK, 2013.
13. FLORES, M. E.; RIVERA, D. E. pIDtune: A graphical package for integrated system identification and PID controller design, *Symposium on System Identification*, Santa Barbara, CA, USA, 2000.
14. ORAVEC, J.; BAKOSOVA, M. PIDDESIGN software for PID control education, *IFAC Conference on Advances in PID Control*, Brescia, Italy, 2012.
15. JERONYMO, D. C.; ARAÚJO, R. B.; COELHO, A. A. R.; NORMEY-RICO, J. E. N. An approach for improving student performance in a feedback systems course for process control education, *19th IFAC World Congress*, Cape Town, South Africa, 2014.

16. GARPINGER, O.; HAGGLUND, T.; ÅSTRÖM, K. J. Performance and robustness trade-offs in PID control, *Journal of Process Control*, 567-577, 2014.
17. NISHIKAWA, Y.; SANNOMIYA, N.; OHTA, T.; TANAKA, H. A method for auto-tuning of PID control parameters, *Automatica*, 321-332, 1984.
18. LJUNG, L. *System Identification: Theory for the User*, 2nd Edition, Prentice-Hall, N. J, 1999.
19. CHIEN, I. L.; FRUEHAUF, P. S. Consider IMC tuning to improve controller performance, *Chemical Engineering Progress*, 33-41, 1990.
20. PADULA, F.; VISIOLI, A. An approach for teaching automatic control in a laboratory of mechatronics, *10th IFAC Symposium Advances in Control Education*, Sheffield, UK, 2013.
21. LEVA, A.; CIMINO, C.; SEVA, S. A control education software suite to bridge methodological and engineering aspects. *IFAC Conference Paper Archive*, Elsevier, 17179-17184, 2020.
22. ROSSITER, J. A. Blended Learning in Control Engineering Teaching; an Example of Good Practice. *IFAC Conference Paper Archive*, Elsevier, 17252-17257, 2020.

Capítulo 20



10.37423/210504095

TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA O ENSINO DE GEOMETRIA GRÁFICA EM CURSOS DE ENGENHARIAS: UM ESTUDO DE CASO.

VINICIUS ALBUQUERQUE FULGENCIO

Universidade Federal de Pernambuco

Andiara Valentina de Freitas e Lopes

Universidade Federal de Pernambuco

Sadi da Silva Seabra Filho

Universidade Federal de Pernambuco

Augusto José Magno Fernandes

Universidade Federal de Pernambuco



Resumo: O conhecimento acerca da geometria gráfica tridimensional é necessário para estudantes dos cursos de Engenharia devido ao seu papel no desenvolvimento de habilidades para a criação, manipulação e representação da forma por meio de projeções. Sabe-se da importância do desenvolvimento e conhecimento de novas tecnologias voltadas para a representação de objetos. No entanto, isso não pode ser feito em detrimento do ensino teórico da geometria gráfica tridimensional que é a base para o desenvolvimento da visão espacial, ou habilidade visiográfica, e não deve ser negligenciada. Além disso, mesmo os desenhos e gráficos produzidos pelos softwares de computação gráfica são embasados pelos princípios da geometria gráfica tridimensional clássica. Diante disso, torna-se necessária a inserção dessas tecnologias em sala de aula aliadas ao arcabouço teórico da geometria gráfica, sem esquecer de avaliar os limites e potencialidades na aprendizagem desses conteúdos por parte dos estudantes. Diante do exposto, o presente trabalho tem como escopo avaliar as contribuições dos softwares computacionais, no ensino da disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional voltada para as Engenharias. Para isso, o estudo irá avaliar, por meio de questionários e desempenho das notas dos discentes, o processo de aprendizagem de um grupo de estudantes do ciclo básico das Engenharias da Universidade Federal de Pernambuco, em Recife.

Palavras-chave: Ensino de Geometria, Geometria gráfica Tridimensional, Tecnologias aplicadas ao ensino da geometria.

1. INTRODUÇÃO

O perfil geral do estudante de engenharia antes do ingresso à universidade é de um estudante com habilidade lógico-matemática bem desenvolvida e com boa compreensão das ciências da natureza, pois a prova de seleção para esse curso (o vestibular) exige conhecimentos de matemática, química e física. Entretanto, é negligenciado a esse estudante disciplinas na educação básica que desenvolvam competências relacionadas à percepção visual, como é o caso de Artes e Desenho Geométrico (ou até mesmo matemática).

“A estrutura curricular da educação básica sofreu modificação em 1971 com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de número 5692, a qual definia quais seriam os grupos de disciplinas obrigatórias e optativas da educação básica. Nessa modificação a disciplina de Desenho Geométrico tornou-se parte do grupo de optativas e como consequência, a matéria começou a desaparecer dos currículos escolares brasileiros. Outro fator que também contribuiu para a desvalorização da disciplina de Desenho nessa mesma década foi a abolição da prova de Desenho Geométrico com régua e compasso dos vestibulares para os cursos de Arquitetura e Engenharias. Apenas em 1998, nos Parâmetros Curriculares Nacionais, é que alguns conteúdos de Desenho Geométrico foram integrados ao currículo de Matemática, mas sem qualquer expressividade ou aprofundamento. Aos poucos, também, a prova de habilidade em Desenho retorna aos vestibulares para os cursos de Arquitetura e Urbanismo e novos cursos ligados às áreas do design e das artes, mas não aos cursos de Engenharias. Essa prova que possui diferentes denominações, tais como “Prova de Aptidão” ou “Prova de Geometria Gráfica” (como é o caso da UFPE), possui conteúdos que variam da Geometria Euclidiana à Geometria Descritiva”. (PEREIRA, DUARTE E LOPES, 2011).

A não obrigatoriedade do ensino da disciplina na educação básica e a ausência da avaliação desse conhecimento para os vestibulares de Engenharias deixam falho, tanto por parte do estudante como do professor, o desenvolvimento de habilidades que a priori são dispensáveis para um estudante que prestará exame para Engenharia. Esquece-se que a habilidade visiográfica é importante tanto para a vida acadêmica como para a vida profissional do bacharel em Engenharia.

Nos cursos de Engenharia da UFPE, independente da modalidade (Civil, Mecânica, Cartográfica, de Produção, etc.), as disciplinas estudadas no ciclo geral (ou básico) vão de disciplina das áreas das ciências exatas (como Cálculo Diferencial e Integral, Geometria Analítica e Álgebra Linear), das ciências da natureza (como Física Geral, Física Experimental e Química Geral), informática (como Computação Eletrônica) e expressão gráfica (como Introdução ao Desenho). Como as habilidades lógico-matemáticas já foram trabalhadas durante a educação básica, as disciplinas ligadas às ciências exatas, da natureza e da informática podem ser desenvolvidas sem que se precise recorrer a conceitos e definições elementares (como conhecimentos de aritmética, por exemplo). O mesmo não ocorre com

as disciplinas que envolvem a geometria gráfica que trabalham com propriedades geométricas (apenas trabalhadas de execução algébrica e analítica no ensino básico) e normas do desenho técnico, carecem de familiaridade com os elementos de circundam a disciplina, como acontece com os materiais para traçado (compasso, par de esquadros, escala, etc.) e os conceitos geométricos básicos, satisfazendo assim, numa disciplina de 60 (sessenta) horas, os objetivos necessários para preencher as lacunas deixadas pela educação básica.

2.GEOMETRIA GRÁFICA TRIDIMENSIONAL

2.1 GEOMETRIA GRÁFICA TRIDIMENSIONAL: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

A geometria Gráfica Tridimensional pode ser entendida como o estudo que envolve as representações da **forma**, em desenho plano, por meio das ferramentas dos sistemas de representação (COSTA, 1996) ou, de maneira ainda mais abrangente, a Geometria Gráfica é o aporte teórico que dá subsídios para se estudar a forma e conseqüentemente suas representações (LOPES *et al*, 2018; LOPES *et al*, 2019).

Dessa maneira, a **representação da forma** torna-se imprescindível para qualquer área que envolva projeto, uma vez que sem ela o projeto não passa de uma ideia no campo mental. Para representar essa Forma, é necessário um conjunto de normas e regras que todas as pessoas envolvidas na produção e execução dos projetos precisam dominar para que o entendimento seja universal. Nesse sentido, o projetista precisa saber as regras dos **sistemas de representação** para tornar a ideia em algo que possa ser executado (MONTENEGRO, 2007). Os sistemas de representação ou projeção são classificados de acordo com o método de construção e o resultado da projeção. Eles costumam ser divididos em dois grandes grupos: central e paralelo (CHING, 2012). As projeções centrais, também conhecidas como perspectivas cônicas, costumam ser utilizadas para a apresentação de projetos que envolvem o espaço construído devido a sua semelhança com a visão do olho humano. Esse tipo de projeção não faz correspondência com medidas e por isso é mais utilizada para a apresentação de projetos arquitetônicos (MONTENEGRO, 1983). Já as projeções paralelas, também chamadas de cilíndricas, possuem uma relação de escala com o objeto, ou seja, as dimensões do objeto desenhado têm relação com as do objeto. Isso significa que por meio dessas projeções é possível retirar medidas exatas de partes e/ou do todo do objeto (CHING, 2012; MONTENEGRO, 2007).

Dentre as principais funções da Geometria Gráfica Tridimensional, podemos destacar a manipulação da forma para a obtenção das medidas reais do objeto, conhecida como verdadeira grandeza (FERREIRA, 2011). É de senso comum que se um projeto vai ser executado é necessário saber suas

medidas corretas e, por tanto, conhecer os processos que envolvem encontrar a verdadeira grandeza é fundamental.

Nesse sentido, a Geometria Gráfica Tridimensional aporta ao projetista conhecimentos-chaves na geração, manipulação e representação da forma sendo essencial a qualquer área que envolva a elaboração de objetos (de peças à edifícios) a serem executados.

2.2 O ENSINO DA GEOMETRIA GRÁFICA TRIDIMENSIONAL

Um dos desafios iniciais para o ensino da geometria descritiva é a carência no desenvolvimento do raciocínio espacial nos conteúdos do Ensino Básico. Tal fato resulta nos estudantes recém-ingressos nos cursos de graduação, reconhecidas dificuldades em relação ao entendimento dos conceitos tratados nas disciplinas de Geometria Gráfica e Desenho Técnico (JACQUES et al, 2001). Já no Ensino Superior, verifica-se que em alguns currículos há certa supressão ou pouca dedicação ao conteúdo de Geometria Gráfica Tridimensional, muitas vezes eles são aplicados às disciplinas de Desenho Técnico sem explicar a origem dos procedimentos (VALENTE, 2003).

As novas estratégias de ensino utilizam-se das tecnologias computacionais para desenvolver uma melhor compreensão espacial. Objetiva-se, desta maneira, que o estudante desenvolva primeiramente a percepção e o raciocínio tridimensional para que, em um segundo momento, adquira a capacidade de solucionar problemas relativos à forma através de meios bidimensionais. Nesse sentido, as novas tecnologias trazem mudanças significativas ao ensino tradicional pois, além de disponibilizarem um maior número de modelos tridimensionais, proporcionam certa independência do estudante em relação ao professor.

Programas hiper-mídias criados especificamente para a geometria, a exemplo do Visual GD e do Sketchpad, permitem que o estudante possa interagir construtivamente com as atividades projetuais. O visual GD, desenvolvido pela UFSC, propicia ao estudante um ambiente interativo e informativo, com uma interface intuitiva e de fácil manipulação. Nele é possível trabalhar com os elementos da geometria gráfica em 2D e 3D, além de animações explicativas, área para desenhos e esboço, bloco de anotações e glossário (VALENTE, 2003).

Por sua vez, os softwares CAD (Computer Aided Design) também aparecem como grandes aliados tanto para a demonstração das relações projetivas, mas em especial para a resolução de problemas gráficos. A utilização dos sistemas CAD para o ensino da Geometria Gráfica Tridimensional pode partir de duas lógicas: a bidimensional e a tridimensional. Enquanto a bidimensional parte da dupla

projeção de um objeto para sua representação, manipulação e resolução de problemas; a tridimensional parte da representação em três dimensões e, a partir dela obtém as suas representações bidimensionais por meio das projeções ortogonais, também chamadas de vistas do objeto (MARCONI, 2012).

As novas tecnologias incorporadas nos hardwares e nos softwares propiciam diversas possibilidades na abordagem de ensino da Geometria Gráfica Tridimensional. Desde os primeiros softwares CAD, nos anos 80, até as tecnologias mais recentes de realidade virtual, são oportunidades para dinamizar o ensino de representação e expressão gráfica em geral. Essa dinamização mostra ao estudante que o desenvolvimento dessas tecnologias partiu das evoluções gráficas pré-computador, como a perspectiva e a própria geometria descritiva. Por outro lado, é preciso investigar em que medida essas tecnologias contribuem para o ensino da Geometria Gráfica Tridimensional, principalmente nos estágios iniciais dos cursos de Graduação e considerando os antecedentes do Ensino Básico já citados.

2.3 O ENSINO DA GEOMETRIA GRÁFICA TRIDIMENSIONAL NA UFPE

A disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional (GGT) na Universidade Federal de Pernambuco é ministrada na Área II, órgão de apoio do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN), onde são disponibilizadas as disciplinas dos Ciclos Geral e Básico dos cursos de Tecnologia e de Ciências Exatas. Conforme trata a resolução nº14/2013 da instituição, os estudantes aprovados no vestibular para Engenharia devem pagar as disciplinas do ciclo básico (Engenharia – CTG) para então se candidatarem para as Engenharias específicas, tendo como critério o ranking referente às notas no boletim.

Diante do exposto, a disciplina de Geometria Gráfica Tridimensional na UFPE tem como objetivo desenvolver a capacidade de habilidade visiográfica através da comunicação e interpretação gráfica. Para isso, trabalha com os sistemas de projeção cilíndrica, uma vez que o público-alvo são estudantes de Engenharia. O foco dessa disciplina não é o ensino dos sistemas de representação, mas o desenvolvimento de habilidades espaciais através de representações gráficas, já que dependendo da modalidade de engenharia escolhida pelo graduando, haverá disciplinas específicas para o estudo dos sistemas de representação como disciplinas de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. Mais especificamente o conteúdo dessa disciplina versa sobre três tópicos principais: a perspectiva cavaleira, o desenho isométrico ou isometria simplificada e o sistema mongeano. Os objetos, ou peças, utilizados nos exercícios são peças com formas genéricas variadas, tendo em vista que não se sabe qual a Engenharia o estudante irá cursar. Os conteúdos trabalhados são: desenvolvimento de formas

em perspectiva cavaleira, isométrica e no sistema mongeano; verdadeira grandeza e seção plana de sólidos.

3. O ESTUDO DE CASO

3.1 PROCEDIMENTOS

A presente pesquisa foi desenvolvida a partir de questionários estruturados divididos em duas principais partes: perfil do estudante e questões didáticas. Na parte referente ao perfil do estudante foram levantados dados referentes à idade, experiência anterior na disciplina, origem escolar (público ou privado) no ensino fundamental e no ensino médio e, por fim, se cursou disciplinas de geometria antes de ingressar na Universidade. Na segunda parte foram perguntadas as preferências de mídias (tradicional ou digital) para o ensino teórico e prático (resolução de problemas), bem como qual mídia é utilizada pelo professor da disciplina para esses dois momentos. Os questionários foram respondidos em plataforma virtual pelo Google Survey, onde não foi necessária a identificação dos participantes.

A amostragem contém estudantes das turmas P1, P2, P3, PP e P9, dos ciclos básicos das Engenharias. Como os estudantes ainda estão nas Engenharias unificadas, eles concorrem às vagas para suas Engenharias específicas por meio de um sistema de ranking, exceto a turma PP que é de Engenharia de Produção, atualmente fora do sistema unificado. As turmas com a sigla “P” são as turmas de veteranos, enquanto as turmas com sigla “E” são as dos recém-ingressados, os quais não entraram nesse levantamento de dados.

3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

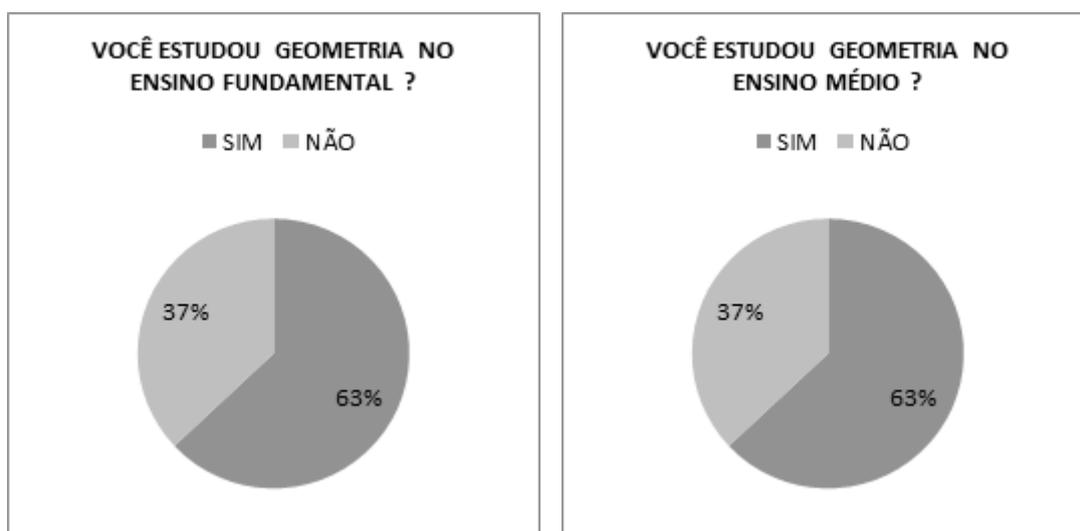
Os resultados mostram que os estudantes têm entre 17 e 24 anos de idade, portanto temos alguns estudantes que recém ingressaram na universidade e outros que já são veteranos. Esse dado fica ainda mais claro quando vemos que 56% já cursaram a disciplina Geometria Gráfica Tridimensional pelo menos uma vez, enquanto 44% estão cursando pela primeira vez a disciplina (Gráfico 1). Esses dados nos permitem ter um universo bem representado entre estudantes com pouca experiência dentro da vida universitária e outros que já possuem alguma vivência com relação ao funcionamento e rotina dentro da universidade. Em linhas gerais, observa-se que nessa amostra um pouco mais da metade dos estudantes é de repetentes.

Gráfico 1 – Percentual de estudantes que já cursaram a disciplina.



Quanto ao conhecimento prévio dos estudantes, 63% declararam ter estudado geometria no ensino fundamental e médio (Gráfico 2). Lopes et al (2011) argumentam que a dificuldade dos estudantes universitários nas disciplinas de geometria gráfica é consequência da ausência do ensino de geometria na maioria das escolas, resultado da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1971 . No entanto, quando comparamos o Gráfico 01 com o Gráfico 02, verificamos que a maioria dos estudantes da amostra são repetentes e a maioria tinha estudado geometria na escola. O que os dados indicam é que não há relação direta entre conhecimento prévio com um bom desempenho nas disciplinas de geometria gráfica.

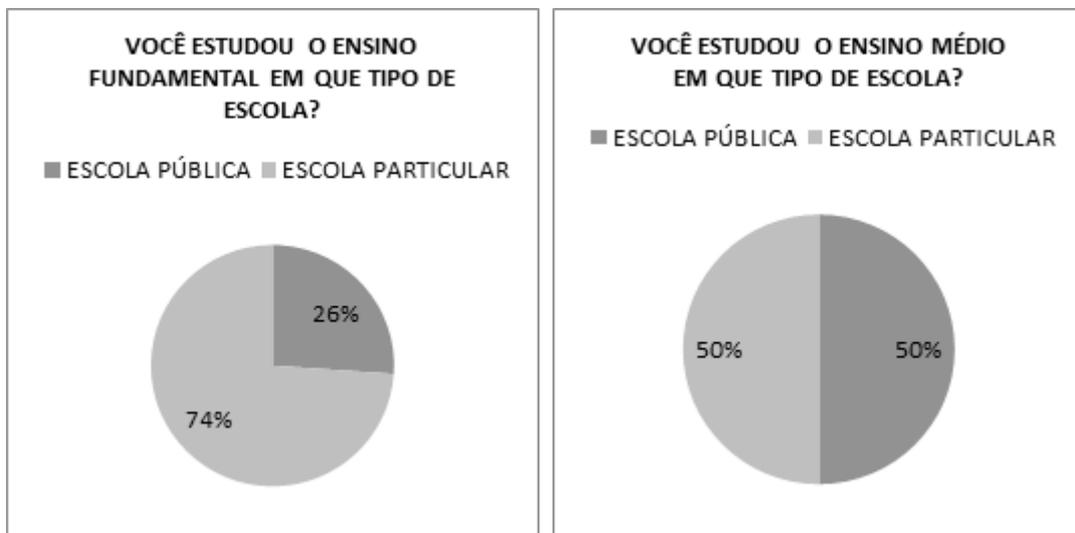
Gráfico 2 – Percentual de estudantes que já cursaram geometria.



Sobre o histórico escolar dos entrevistados, 74% estudaram em escolas particulares e 26% estudaram em escolas públicas no ensino fundamental. Já no ensino médio, metade estudou em escola pública e

a outra metade em escola particular (Gráfico 03). O que os dados indicam é que uma parte dos estudantes que estudaram em escola particular migrou para a escola pública no ensino médio. Esses dados podem explicar, em parte, o porquê da maioria dos estudantes terem estudado geometria na escola: escolas públicas de nível médio e técnico costumam ter disciplinas de geometria. De todo modo há escolas particulares que possuem disciplinas de geometria. Diante dos dados fica a indicação para o desenvolvimento de futuras pesquisas que possam compreender como esse fenômeno influencia no desenvolvimento dos estudantes na disciplina de GGT.

Gráfico 3 – Origem Escolar dos estudantes.

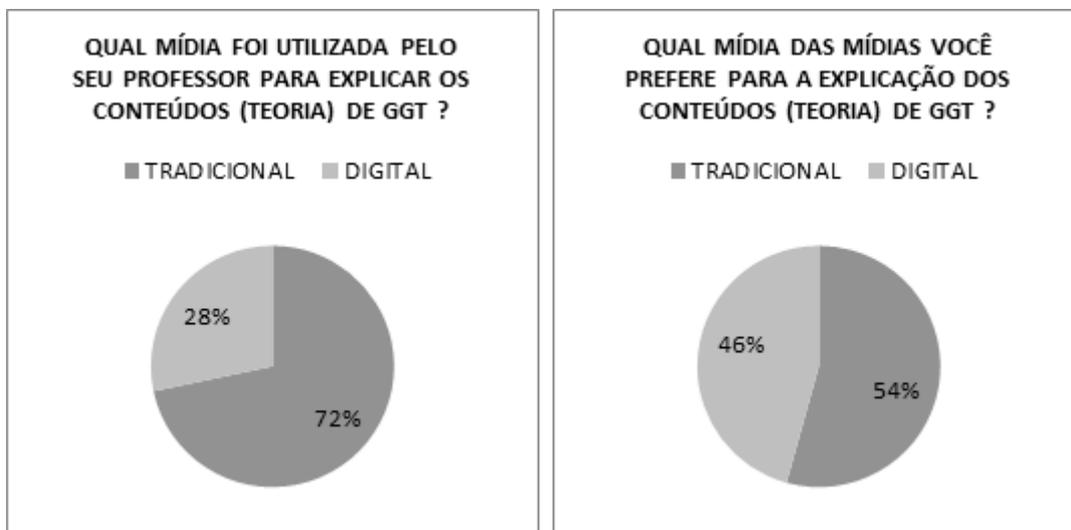


Com relação às tecnologias para o ensino de geometria gráfica tridimensional, foi feita uma diferenciação entre as abordagens utilizadas para o ensino-aprendizagem da parte teórica e da parte prática. Nesse aspecto fizemos uma divisão em duas categorias: conteúdos teóricos e conteúdos práticos; ainda dentro de cada categoria foi feita uma segunda divisão, como o conteúdo foi ministrado pelo professor e qual seria a preferência do estudante. Embora os conteúdos sejam exatamente os mesmos, as abordagens de ensino variam entre os professores, inclusive esse é um dos fatores que motivou essa pesquisa. Essa diversidade de abordagem possibilita experiências variadas tanto para os estudantes como para os professores e permite que sejam realizadas investigações para comparar e verificar os limites e potencialidades dessas abordagens.

Verificamos que 72% dos estudantes tiveram aulas teóricas com a mídia tradicional e 28% com métodos digitais. Quanto à preferência das abordagens para o conteúdo teórico, 54% preferiram as mídias tradicionais e 46% as mídias digitais. Desse grupo que preferiu as mídias digitais, observamos que 17% não pertenciam às turmas onde as mídias digitais foram aplicadas. É interessante que um

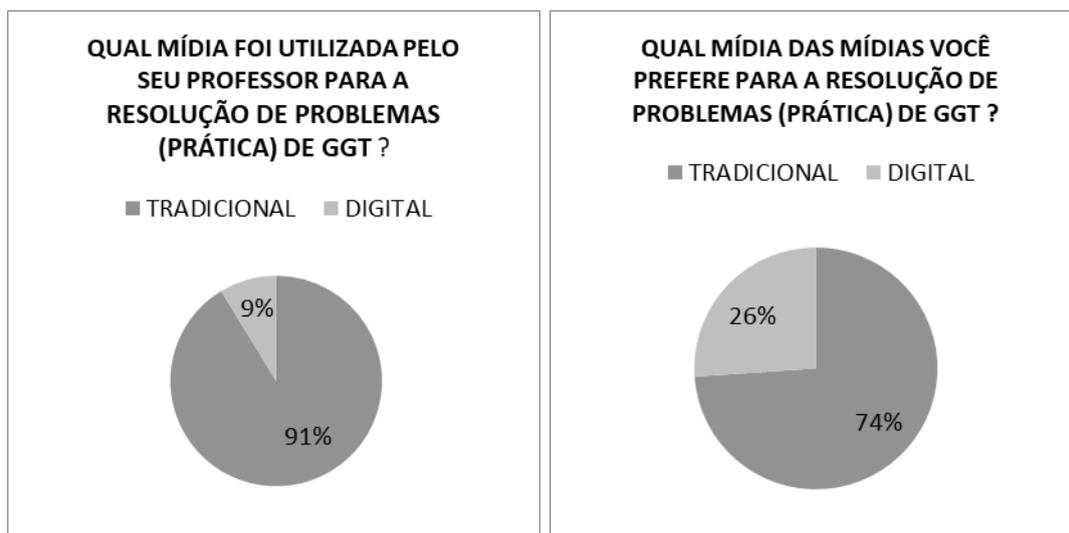
grupo de estudantes tenha declarado preferência por uma experiência que não teve. Isso pode indicar o apelo que as mídias digitais têm no imaginário dos estudantes.

Gráfico 4 – Abordagem metodológica para conteúdos teóricos e preferências.



Com relação à resolução de problemas (Gráfico 4), 91% tiveram aula prática com mídia tradicional e 9% com mídia digital. Quando perguntados sobre a preferência da mídia, 74% declararam preferir as mídias tradicionais e 26% as mídias digitais para entender conteúdos práticos. Observamos que há um quantitativo maior de estudantes que preferem mídias digitais (26%) em relação aos que tiveram de fato aula com essa abordagem (9%). Considerando os 17% do Gráfico 03 que declararam preferência pela mídia digital que não tiveram aula com essa abordagem e somarmos com os 9% que de fato tiveram essa abordagem, chegamos aos 26% que preferem mídias digitais. Como não houve identificação dos estudantes, não é possível aferir que representa o mesmo grupo, mas pelo valor percentual há grandes chances de sê-lo. Como já dito anteriormente, apesar de não terem tido acesso às mídias digitais há uma expectativa de que elas sejam mais eficientes, ou seja, esse grupo apresentou rejeição aos métodos tradicionais.

Gráfico 5 – Abordagem metodológica para conteúdos práticos e preferências.



A partir dos dados podemos suscitar a atratividade das mídias digitais, em especial pela interface mais dinâmica e pela cultura contemporânea cada vez mais imersa nas tecnologias. O quadro geral nos mostra uma preferência majoritária pelas mídias tradicionais quando se trata do ensino de conteúdos teóricos, mas há uma quantidade significativa que declara preferir as mídias digitais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada apresenta dados iniciais sobre o ensino-aprendizagem de geometria gráfica e as tecnologias digitais. A partir dos dados foi possível discutir sobre alguns aspectos levantados na literatura sobre os desafios da área, em especial sobre o ensino.

A literatura argumenta que o desempenho dos estudantes nas disciplinas de geometria gráfica no Ensino Superior está vinculado com a falta desse conteúdo no Ensino Básico. No entanto, os dados dessa amostra indicaram que não há uma relação direta entre conhecimento prévio no Ensino Básico com melhor desempenho no ensino Superior, ao menos no que diz respeito às disciplinas de geometria gráfica. A realidade encontrada na amostra que corresponde ao ciclo básico das Engenharias da UFPE é diferente daquela argumentada pela literatura, pois a maioria dos estudantes teve acesso aos conteúdos base de geometria no Ensino Básico e ainda assim mais da metade eram repetentes. Nesse sentido, é preciso investigar de forma mais aprofundada o que leva os estudantes a apresentar uma série de dificuldades com as disciplinas de geometria gráfica, em especial a tridimensional, refletindo nos altos índices de reprovação.

O trabalho mostrou um dado importante: metade dos estudantes são estudantes provenientes do ensino médio público. Sabemos das diversas carências desse setor da educação e que muitos

estudantes são prejudicados em processos seletivos para ingressar nas Universidades Públicas por isso. Sabemos que existem escolas públicas de Ensino Médio de excelência no Estado de Pernambuco, como os Institutos Federais, Escolas Técnicas Estaduais, Colégio da Aplicação e Colégio Militar. Se os estudantes que frequentaram escola pública de Ensino Médio forem provenientes dessas instituições, teríamos a resposta do índice (63%) que encontramos de estudantes que viram geometria na escola, uma vez que nessas instituições o ensino de geometria faz parte da grade curricular.

É preciso investigar o que leva um estudante a preferir uma metodologia que ele não teve acesso, como foi o caso dos 17, 4% que indicaram preferir as mídias digitais para o ensino teórico e prático dos conteúdos da disciplina. Quais as expectativas desse estudante? Porque ele imagina que as mídias digitais são melhores? Também é preciso considerar que, apesar da maioria preferir as mídias tradicionais para as explicações teóricas, um grupo significativo (45,7%) mostrou preferir as abordagens digitais.

Por fim, averiguamos a eficiência dos métodos tradicionais para a resolução de problemas, mas é salutar que se descubra o porquê disso. Em linhas gerais, é preciso aprofundar todos os aspectos anteriormente citados e salientar que tais dados só foram vislumbrados graças a esse trabalho de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHING, Francis D. K. Desenho para arquitetos/ Francis D. K. Ching, Steven P.

Juroszek; tradução técnica: Alexandre Salvaterra. – 2. Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2012.

COSTA, Mario Duarte; COSTA, Alcy. Geometria Gráfica Tridimensional: sistemas de representação. V.1. Recife: Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco, 1996.

FERREIRA, Bruno Leite. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. Resolução de problemas de Geometria Gráfica em ambiente Computacional: o caso da interseção entre planos, 2011. 105p, il. Dissertação (Mestrado).

FREITAS E LOPES et al. Geometria nas escolas. Anais: XX Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011.

JACQUES at al. Nova abordagem para o ensino de geometria descritiva básica. Anais: XXIX – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Natal: PUCRS, 2001.

LOPES, A. V. F.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. W.; GUSMÃO, M. B. R. Quem Somos? Uma abordagem epistemológica sobre a geometria gráfica e suas práticas. Revista Geometria Gráfica, Recife, v. 2, n. 1, p. 5-24, 2018.

LOPES, A. V. F.; GUSMÃO, M. B. R.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. W. Quem Somos? O Que Fazemos? Para Onde Vamos? Uma Reflexão Epistemológica sobre a Geometria Gráfica. Revista Brasileira de Expressão Gráfica, Santa Catarina, Vol. 7, No. 2, p. 63-80 , ISSN 2318-7492. 2019.

MONTENEGRO, G. A perspectiva dos profissionais. São Paulo: Blucher, 1983.

MONTENEGRO, G. Desenho de projetos. São Paulo: Blucher, 2007.

PEREIRA, Danilo Candido, DUARTE, Maria Eduarda Rabelo e LOPES, ANDIARA V. F.,

Desenvolvendo a inteligência viso-espacial nos alunos de engenharia da UFPE In: IX International Conference on Graphics Engineering for Arts and Desing, 2011, Rio de Janeiro. Graphica Rio 2011.

VALENTE, Vânia; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica. Desenvolvimento de um Ambiente Computacional Interativo e Adaptativo para apoiar o Aprendizado de geometria Descritiva, 2003. 132p, il. Tese (Doutorado).

Capítulo 21



10.37423/210504104

SISTEMA VIÁRIO DE SÃO PAULO: ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UM CORREDOR DE ÔNIBUS E SUA EFICIÊNCIA NA MELHORIA DA MOBILIDADE URBANA

Adriano Perez Miranda Ferreira

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Leandro Botelho Gomes da Silva

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Mariana Amarins Cherrate dos Reis

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Oswaldo Ramos Tsan Hu

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Sergio Vicente Denser Pamboukian

Universidade Presbiteriana Mackenzie



Resumo: O objetivo deste trabalho é analisar a influência da implantação de um corredor de ônibus em uma via, utilizando como estudo de caso o corredor Campo Limpo – Rebouças – Centro da cidade de São Paulo, procurando avaliar sua eficiência na melhoria da mobilidade urbana. Para tanto foram estudados os sistemas viários, os problemas de mobilização urbana e foi feita coleta de dados junto a órgãos governamentais, para suporte ao trabalho. A partir destas informações foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento e simulações computacionais para determinar a eficiência do corredor de ônibus. O resultado obtido nas simulações conclui que o corredor é ineficiente, pois diminuiu o fluxo de usuários da via tanto em ônibus quanto em veículos particulares. A metodologia deste trabalho pode ser replicada para avaliar a eficiência de outros corredores de ônibus.

Palavras-chave: Corredor de Ônibus, Sistema Viário, Mobilidade Urbana

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade pode ser entendida como a capacidade de se mover ou o ato de se locomover, sendo uma ação dentro de um sistema viário. Na cidade de São Paulo, a mobilidade é composta por um complexo sistema, onde a fluidez do tráfego e a locomoção na metrópole possibilitam as atividades da população.

A qualidade de vida da população é afetada com a perda de mobilidade e é consequência do acelerado processo de urbanização da cidade, tornando necessário um monitoramento e um acompanhamento feito com pesquisas periódicas (FORATTINI, 1991).

A infraestrutura viária não suporta o crescimento de demanda de usuários. Os fatores usualmente observados como causadores de perda da mobilidade são: a descentralização da população, a setorização das áreas de trabalho e residência e o fato dos recursos terem sido desenvolvidos para um contingente menor de usuários (RIBEIRO, 2008).

Esta infraestrutura deve se desenvolver como um todo, tanto no âmbito coletivo quanto no individual. Caso, em algum ponto, não ocorra este desenvolvimento, certamente haverá uma sobrecarga. Por exemplo, a criação de uma faixa exclusiva prioriza o coletivo, mas atinge negativamente o privado, pois este, que anteriormente fazia uso desta faixa, hoje precisa utilizar a mesma via com uma faixa a menos.

Este trabalho ilustra como uma simulação computacional pode ser utilizada como uma ferramenta auxiliar na disciplina “Engenharia de Tráfego e Transporte Urbano” em cursos de Engenharia Civil.

1.1. OBJETIVO GERAL DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é analisar a influência da implantação de um corredor de ônibus em uma via, procurando avaliar sua eficiência na melhora da mobilidade urbana.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

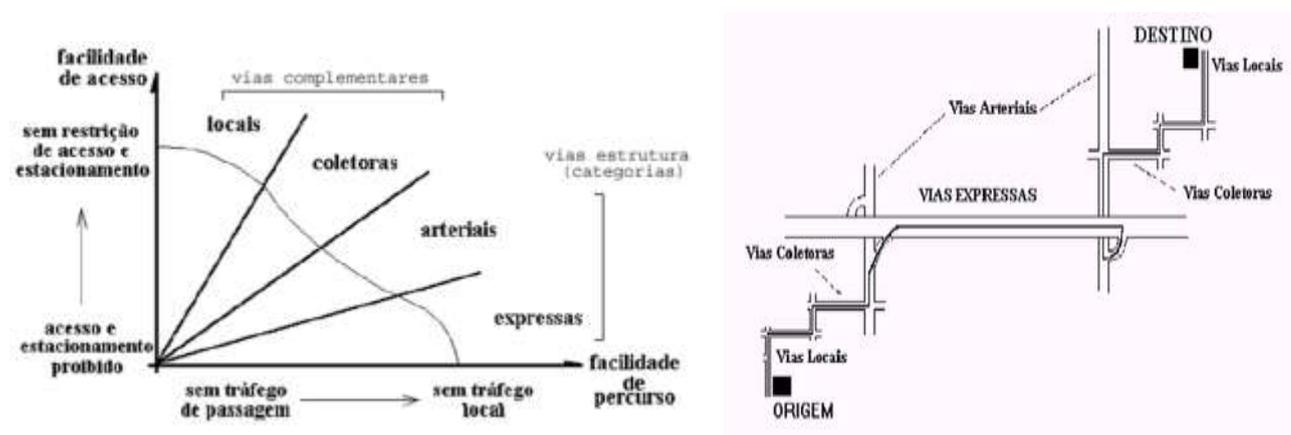
- Estudar o sistema viário.
- Levantar os problemas de mobilização nos centros urbanos.
- Estudar corredor de ônibus, em particular o corredor Campo Limpo – Rebouças – Centro.
- Utilizar ferramentas de geoprocessamento para a análise.
- Simular o impacto do corredor na mobilidade urbana.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. SISTEMA VIÁRIO

O sistema viário é composto pelas ruas e avenidas da cidade e gerido pelas normas de deslocamentos. As vias têm diversas funções como, por exemplo, garantir a mobilidade e acessibilidade aos espaços. Para otimização funcional do sistema a opção é categorizar as vias segundo um uso específico.

Figura 1 – Classificação Tradicional das Vias Urbanas. Figura 2 – Tipos de vias utilizadas em um trajeto.



Fonte: Pietrantonio (2013).

A estruturação do sistema viário é feita por meio do princípio de hierarquização funcional das vias, que atribui uma função específica para cada elemento, com transmissão gradual entre as funções, para obtenção de um sistema contínuo e equivalente em todos os aspectos. Tal princípio classifica as vias pelas suas funções principais, representado na Figura 1, e as operacionaliza com várias interseções físicas e de controle para possibilitar maior eficácia (PIETRANTONIO, 2013).

Existe, para cada usuário do sistema viário, um ciclo, um determinado trajeto percorrido diariamente para cumprimento de suas atividades, como por exemplo, ir ao trabalho. Estes trajetos pré-estabelecidos foram categorizados pela hierarquização funcional estão demonstrados na Figura 2.

A hierarquização funcional usa as características específicas de cada tipo de via, como, por exemplo, as atividades predominantes e as velocidades, para determinar sua função e com isso sua classificação.

2.2. MOBILIZAÇÃO NOS CENTROS URBANOS

Para percorrer os caminhos com maior agilidade e comodidade, os cidadãos usam meios auxiliares para uma melhor locomoção que, se não forem bem coordenados, criam problemas (GUIMARÃES; CRUZ, 2013).

A dissipação dos aglomerados residenciais e o zoneamento das cidades tornaram a mobilidade urbana heterogênea, tornando seus problemas de trabalhosa solução (RIBEIRO, 2008). Segundo Guimarães e Cruz (2013), qualquer forma de mobilidade acontece por meio da oferta de transporte. Em questões de eficiência busca-se a mobilidade efetiva, que relaciona a demanda oferecida e a que é realmente utilizada. A eficácia de mobilidade relaciona os deslocamentos, os recursos financeiros da população, os investimentos públicos e a rede formada pelos usuários do sistema. A fluidez do sistema é a prioridade e por consequência exclui a opção de desenvolver regiões específicas, para evitar o risco de acarretar uma forma de isolamento ou exclusão de uma população de baixa renda.

A mobilidade na cidade de São Paulo torna-se mais custosa e complexa ao longo do tempo. O crescimento contínuo do contingente de usuários somado com a descentralização de residência dos mesmos e a infraestrutura deficiente, tanto em relação ao conforto quanto ao tempo gasto, tornam a necessidade de se locomover uma atividade exaustiva.

A urbanização e a concentração da população em uma determinada região surgiram devido à imprescindibilidade de comunicação, convivência e integração entre os seres humanos. Tal concentração ocorre nas mais diversas áreas da cidade, adequando-se às necessidades de sobrevivência e, em muitas vezes, em detrimento da natureza. Para que sejam possíveis as interligações entre tais aglomerados da população, surgem, todos os dias, novos caminhos futuramente transformados em novas vias, com o objetivo de melhorar o transporte da população e de cargas (RIBEIRO, 2008).

A descentralização da população atualmente é um dos fatores que mais afetam a mobilidade na cidade. Encontram-se maiores densidades populacionais em bairros afastados das áreas de maiores densidades de emprego.

Esse aumento faz com que a cidade seja adaptada para seu uso, suprimindo o transporte público coletivo e gerando novos motoristas, cada um com seu próprio automóvel (DUARTE; SÁNCHEZ; LIBARDI, 2007), gerando um círculo vicioso.

Este círculo vicioso gera caos no trânsito da cidade de São Paulo, “Mais carros nas ruas, e mais ruas para carros.” (ZANDONADE; MORETTI, 2012).

Com a associação destes fatores negativos e tendo em vista que o transporte coletivo colabora com o congestionamento, com uma velocidade média inferior a dos demais veículos, há um uso crescente do transporte individual.

Pode-se dizer que o trânsito é um conflito de interesses entre classes sociais (BONDUKI, 2011).

Bonduki (2011) propõe uma série de melhorias para a mobilidade, tomando como base o Plano Diretor Estratégico (PDE) do Município de São Paulo. Dentre elas destacam-se a contenção da expansão horizontal da mancha urbana, aumento da densidade urbana verticalizada no centro-expandido e região sudoeste, causando a mitigação da distância casa-trabalho e repaginação do transporte coletivo, tornando-o competitivo ao uso de veículos particulares.

Analisando esses fatores, conclui-se que a falha no cenário atual do sistema de mobilidade está relacionada com a desigualdade social e a má distribuição de renda. A mobilidade urbana tornou-se um problema para as sociedades em todo o planeta (RIBEIRO, 2008).

Ao longo do tempo algumas medidas foram desenvolvidas para tentar minimizar os problemas da mobilidade urbana em São Paulo. Conceituamos algumas delas para melhor entendimento.

Segundo Ribeiro (2008) a industrialização, iniciada no Brasil nos anos 50, impulsionou o processo de urbanização, e por consequência gerou o aumento da população nas zonas urbanas. A distância entre a residência do trabalhador e as empresas jamais foi tão grande. Diariamente é necessário fazer uma viagem para chegar ao ambiente de trabalho, o que afeta a qualidade de vida das pessoas e, principalmente, a mobilidade da população.

Resende e Souza (2009) demonstram em seus estudos que a população de maior renda opta pelo transporte individual devido à precariedade do transporte coletivo, tendo assim mais conforto, maior flexibilidade e menor tempo de percurso.

Rolnik e Klintowitz (2011) reforçam esta ideia apontando que 74% das viagens da população de baixa renda são feitas por meio de transporte coletivo, enquanto apenas 21% da população de renda média-alta se utilizam do sistema de transporte público. A maior parte do transporte coletivo tem de competir diariamente com carros, motos e caminhões por espaço nas vias públicas, pois apenas 29,5% das linhas de ônibus existentes utilizam corredores exclusivos e faixas preferenciais.

2.3. CORREDORES DE ÔNIBUS

O Plano Integrado de Transportes Urbanos - PITU 2020, elaborado pela Secretaria dos Transportes Metropolitanos do Governo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1999), previa uma série de projetos voltados para o desenvolvimento da infraestrutura urbana de São Paulo a serem realizados num horizonte de 21 anos. Propôs investimentos nas redes metroviárias e ferroviárias da metrópole, ampliação do sistema metropolitano coletivo, melhoria do sistema viário individual e mudanças da gestão do trânsito.

É necessário programar um plano de ação que permita diagnosticar a situação das regiões metropolitanas e estimular a interação dos municípios com o seus estados para instituir uma cooperação do planejamento e da operação do transporte coletivo em um interesse comum (FIGUEIRA, 2012).

Segundo Ribeiro (2009), o sistema de corredores de ônibus é diferenciado, pois possui: faixas exclusivas, embarque e desembarque mais rápido e integração com os demais modais de transporte.

Os corredores, exclusivos ou não, são dedicados à circulação de transportes públicos rodoviários na região urbana. Localizados em uma faixa da rua, ou avenida, são delimitados por uma linha branca contínua, e devem ser utilizados apenas por ônibus.

Os demais veículos só podem utilizar a faixa exclusiva ou cruzar os corredores de ônibus quando há necessidade de acessar garagens ou de fazer conversões.

O corredor de ônibus, ou faixas preferenciais, permite a redução do tempo total de viagem, pois agrega ao sistema a possibilidade de desenvolver uma velocidade satisfatória e reduzir o consumo de combustível por parte dos veículos (RIBEIRO, 2009).

A cidade de São Paulo possui inúmeras faixas exclusivas e corredores de ônibus como, por exemplo:

- Campo Limpo / Rebouças / Centro;
- Ver. José Diniz / Ibirapuera / Santa Cruz;
- Expresso Tiradentes (Eixo Sudeste);
- Inajar / Rio Branco / Centro;
- Itapecerica / João Dias / Santo Amaro;
- Jardim Ângela / Guarapiranga / Santo Amaro;
- Paes de Barros;
- Parelheiros / Rio Bonito / Santo Amaro;

- Pirituba / Lapa / Centro;
- Santo Amaro / Nove de Julho / Centro.

2.4. GEOPROCESSAMENTO E GEORREFERENCIAMENTO

O geoprocessamento pode ser definido como conjunto de técnicas computacionais e matemáticas para coletar e analisar informações espaciais. É constituído por um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, análise, demonstração, armazenamento e consulta destas informações. Para serem processadas, as informações precisam estar georreferenciadas, ou seja, precisam possuir uma localização específica na superfície terrestre (PAMBOUKIAN; JORGE, 2012).

A utilização de softwares de geoprocessamento vem ganhando espaço no mercado desde os anos 70. Esta procura fez com que empresas especializadas no ramo dedicassem mais atenção ao desenvolvimento de softwares de georreferenciamento. Atualmente podemos contar com diversos softwares pagos, como Mapinfo, ArcGIS e Bentley Map, e também diversos softwares livres como GRASS, gvSIG, QGIS, SPRING e TerraView.

Com o uso do software de geoprocessamento QGIS e a pesquisa de desempenho do sistema viário principal, o corredor de ônibus Campo Limpo – Rebouças – Centro teve o impacto de sua implantação analisado neste trabalho.

A pesquisa de desempenho do sistema viário principal é realizada pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) anualmente e está disponível para consulta pública na biblioteca da CET, de segunda-feira a sexta-feira em horário comercial. Esta pesquisa contempla dados de velocidade média e volume por meio de monitoramento do tráfego em pontos e rotas demarcadas na cidade de São Paulo.

3. ESTUDO DE CASO – CORREDOR CAMPO LIMPO – REBOUÇAS – CENTRO

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os dados referentes à rota 01G (conforme denominação da CET) - Av. Eusébio Matoso, Av. Rebouças, Rua da Consolação dos anos de 2003 e 2007. A escolha do período foi norteadada pela implantação do corredor nesta rota, que ocorreu em 2004. O período analisado abrange um ano antes da obra ser implantada e três anos após, quando os usuários do sistema viário já teriam se adaptado ao corredor. Anos posteriores a 2007 não foram analisados devido à implantação da linha 4 – Amarela do Metrô, que retirou usuários do sistema.

A partir dos dados coletados, foram gerados mapas que permitiram uma análise gráfica da situação. Esses mapas foram desenvolvidos por inserção dos dados no QGIS, tratamento e gradação conforme o padrão da MapLink, para os mapas de velocidade média, conforme a Figura 3.

Figura 3 - Gradação de Velocidades no Corredor.

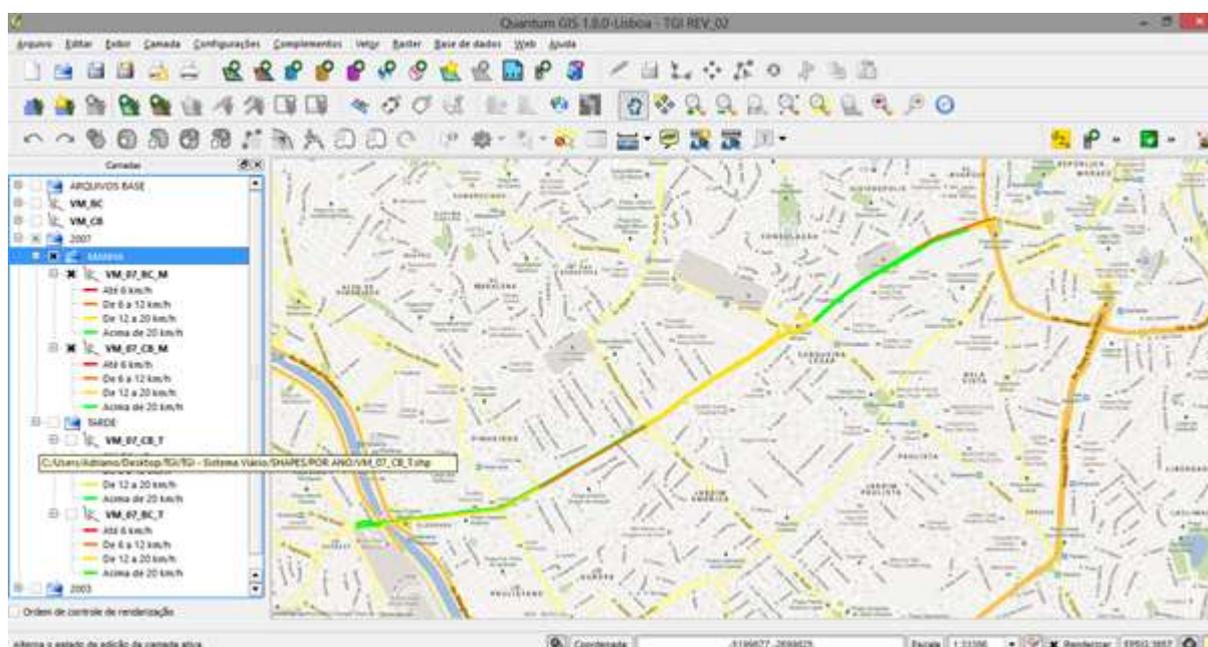


Fonte: Autoria própria

Após terem sido gerados os mapas, referentes aos anos de 2003 e 2007, foi analisado o impacto causado pela obra no corredor de ônibus nas vias, utilizando as tabelas, os dados e os mapas gerados e foram consideradas as hipóteses adotadas, como no caso dos valores de ocupação dos veículos.

Para cada tipo, ano, sentido e período (Ex: Velocidade Média, 2007, centro-bairro, manhã) foi gerado um mapa específico como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Mapa gerado no QGIS (Velocidade_Média_2007_Manhã)



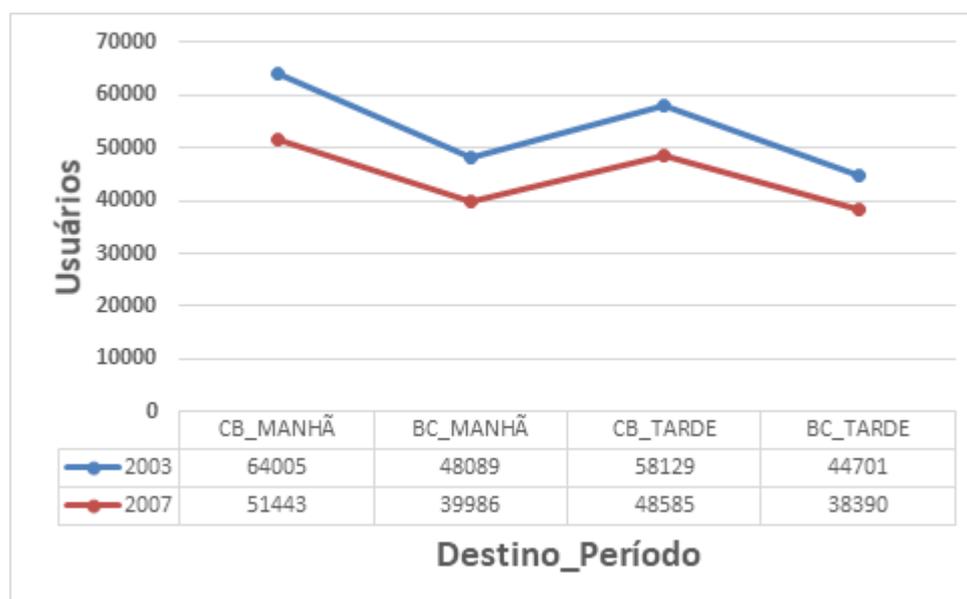
Fonte: Autoria própria.

A análise gráfica e numérica tornou possível observar que a implantação do corredor Campo Limpo – Rebouças – Centro teve um impacto negativo nas vias que compõe o trajeto. O volume encontrado

em 2007, analisando carros particulares e ônibus urbanos, é menor do que o de 2003, em torno de 10.000 usuários a menos conforme mostra o Gráfico 1.

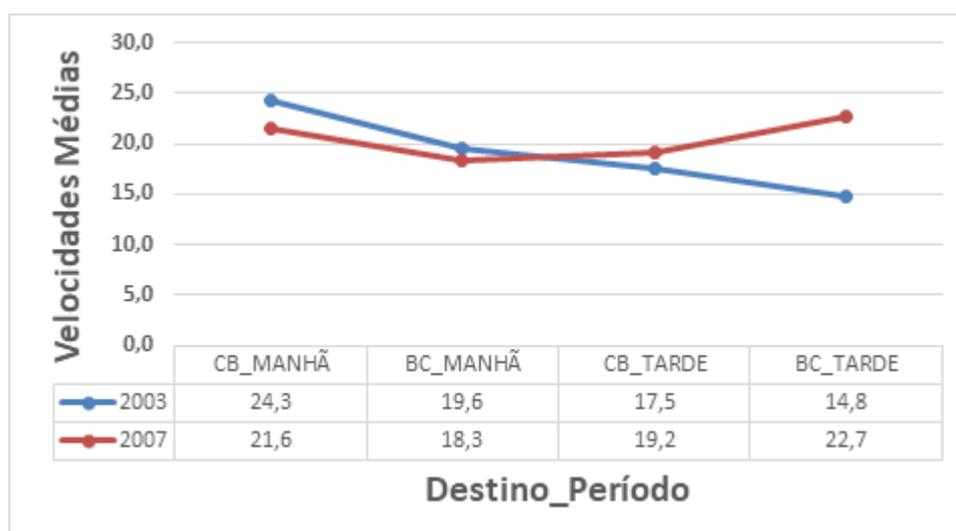
Em contrapartida a velocidade média não sofreu grandes alterações, variando em torno de 3 km/h para menos no período da manhã e para mais no período da tarde conforme o Gráfico 2.

Gráfico 1 – Usuários por período.



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 2 – Velocidades Médias por período



Fonte: Autoria própria

4. CONCLUSÃO

A mobilidade urbana é influenciada por diversos fatores como distância percorrida, modais de transporte disponíveis, infraestruturas disponíveis, limitações das vias, etc.

O objetivo deste estudo foi analisar os principais aspectos da mobilidade e como eles se comportam na cidade de São Paulo. O estudo de caso foi o corredor Campo Limpo – Rebouças – Centro.

Foram apresentados no estudo os fatores que alteram os padrões de mobilidade, analisando o atual sistema viário e suas mudanças ao longo do tempo. Procurou-se analisar cada um dos componentes desse sistema, indicando como se comportam e como são tratados na dinâmica da mobilidade.

Foram enumeradas as ferramentas utilizadas para monitoramento, controle e análise de dados referentes ao tráfego, como velocidade e fluxo, indicando seu funcionamento e apresentação de resultados.

Foram apresentadas as ferramentas baseadas em SIG para o geoprocessamento de dados geoespaciais.

Foram utilizando dados coletados pela CET, sendo possível analisar o impacto causado por essa obra de infraestrutura nos quesitos de velocidade média e volume de tráfego. A comparação se baseou nos dados dos anos de 2003 e 2007 e nos mostrou uma queda na qualidade de serviço das vias. Pode-se concluir que a implantação deste corredor se mostrou negativa, tanto para carros particulares quanto para ônibus urbanos, resultado diferente do que se esperava.

Uma hipótese para essa queda é que quando os ônibus andavam em uma faixa na direita compartilhando os espaços com os demais veículos o fluxo das vias estudadas era melhor. Com a implantação do corredor os carros particulares perderam uma faixa na via, gerando uma diminuição no volume de tráfego. Paralelamente, os ônibus que deveriam ganhar maior mobilidade também sofreram perda. Analisando o funcionamento deste corredor podemos destacar como uma possível causa desta perda o fato de este possui excesso de sobreposição de linhas compartilhando um mesmo corredor, ao invés de operarem com a estratégia da linha tronco. Outro fato relevante é que o corredor não conta com faixas de ultrapassagem, o que faz com que as linhas que possuem maior procura levem tempo a mais no embarque e desembarque de passageiros, atrasando as demais linhas que eventualmente estão logo atrás.

Fica formalizada através deste trabalho uma metodologia de interesse futuro para planejamento de obras de infraestrutura para que sejam analisadas todas as eventuais perdas de mobilidade geradas

por estas obras, também para um estudo identificando qual foi a alternativa utilizada pelas pessoas que utilizavam a rota em 2003 e não utilizam mais e também uma ferramenta para análise de corredores de transporte em operação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONDUKI, N. O modelo de desenvolvimento urbano de São Paulo precisa ser revertido. Estudos Avançados, São Paulo, v. 25, n. 71, abr. 2011. Disponível

em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340142011000100003&lng=en&nr=iso>. Acesso em: 25 set. 2012.

DUARTE, F.; LIBARDI, R.; SÁNCHEZ, K.. Introdução à mobilidade urbana. 1. ed. atual. Curitiba: Juruá, 2007.

FIGUEIRA, L. M. Proposta de metodologia para mensuração dos benefícios econômicos da implantação de Infraestruturas de transporte: modais aéreo e terrestre. Tribunal de Contas da União - Instituto Serzedello Corrêa. Brasília, DF, nov. 2012. Disponível em:

< <http://portal2.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/1/2510075.PDF>>. Acesso em: 15 set. 2012.

FORATTINI, O. P. Qualidade de vida e meio urbano. A cidade de São Paulo, Brasil. Revista de Saúde Publica. São Paulo, edição 25, p. 75-86, 1991. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v25n2/01.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

GUIMARÃES, L. F.; CRUZ, J. M. F. As carroças de cinco sous para a comodidade dos burgueses: Paris, São Paulo e o desafio histórico da mobilidade urbana. Future Studies Research Journal: Trends and Strategy. São Paulo, v.5, n.1, pp.130-163, Jan./Jun. 2013. Disponível em: <<http://www.revistafuture.org/FSRJ/article/view/139>>. Acesso em: 01 set. 2013.

PAMBOUKIAN, S.V.D.; JORGE, P.R.R. Notas de Aula. Aula1. II Fórum Técnico sobre Geoprocessamento – Escola Engenharia Mackenzie. 2012. Disponível em: <<http://ead.mackenzie.br/moodle/mod/resource/view.php?id=148645>>. Acesso em: 19 mai. 2013.

PIETRANTONIO, H.. Notas de Aula. Aula ET1. Disciplina Engenharia de Tráfego e Transportes Urbanos – Escola Politécnica da USP. 2013. Disponível em: <<http://sites.poli.usp.br/d/ptr2437/>>. Acesso em: 14 mai. 2013.

RESENDE, P.T.V.; SOUSA, P.R. Mobilidade urbana nas grandes cidades brasileiras: um estudo sobre os impactos do congestionamento. XII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais (138/2009). Disponível em:

<http://www.simpoi.fgv.br/index.cfm?FuseAction=arquivo.monta&ID_EdicaoArquivo=2009&Pagina=busca_det&ID=138>. Acesso em: 30 set. 2012.

RIBEIRO, A.R. Análise Econômica da Implantação de Corredores Estruturais de Ônibus. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009. Disponível em:

<http://www.ppgec.feciv.ufu.br/sites/ppgec.feciv.ufu.br/files/Anexos/Bookpage/Anexo_Allyne_Rodrigues_Ribeiro.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

RIBEIRO, C. J. MOBILIDADE URBADA: Transporte público coletivo e classe trabalhadora. Dissertação (Pós-Graduação em Política Social). Universidade Católica de Pelotas, Pelotas, 2008. Disponível em:

<http://www.ucpel.tche.br/mps/dissertacoes/Mestrado/2008/Dissertacao_Carlos_Jorge.pdf>. Acesso em 10 abr. 2013.

ROLNIK, R.I; KLINTOWITZ, D. Mobilidade na cidade de São Paulo. Estudos Avançados, São Paulo, v. 25, n. 71, apr. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142011000100007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 set. 2012.

SÃO PAULO. Lei nº 14.971, de 26 de agosto de 2009. Dispõe sobre a atividade de fretamento no âmbito do município de São Paulo. Diário Oficial do Município de São Paulo União, São Paulo, SP, 26 ago. 2009. Ano 54, nº 158. p. 1. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/18804/lei1497109.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2013.

ZANDONADE, P.; MORETTI, R. O padrão de mobilidade de São Paulo e o pressuposto de desigualdade. EURE (Santiago), Santiago, v. 38, n. 113, jan. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0250-71612012000100004&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 28 ago. 2012.

Capítulo 22



10.37423/210504106

UTILIZAÇÃO DE PBL NO ENSINO DE ROBÓTICA MÓVEL PARA ESTUDANTES DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

Guilherme V. Schwade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Mauro J. Moreira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Lucas E. P. Mizusaki

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dante A. C. Barone

Universidade Federal do Rio Grande do Sul



Resumo: O artigo apresenta uma experiência realizada para testar a influência da metodologia Problem Based Learning (PBL) no progresso e interesse dos estudantes pela disciplina de robótica móvel do curso de Engenharia de Computação da UFRGS. Os alunos que participaram do experimento eram do 9º semestre do curso e as aulas práticas ocorriam no Instituto de Informática da mesma instituição. A partir do kit LEGO NXT Mindstorms, os alunos, divididos em três grupos, teriam que construir robôs que suprissem a demanda de um desafio proposto, o qual necessitava a aplicação de diversos conceitos da robótica (como estruturas mecânicas, algoritmos de busca, seguidores de linha, etc.) além de trabalho em equipe e planejamento. Durante o período, foram observados e analisados os pontos de sucesso e falhas na aplicação de aplicação, o que serve como referência para futuros experimentos da metodologia ligados à robótica educacional.

Palavras-chave: Robótica Móvel, Pbl, Computação.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a falta de engenheiros qualificados nas diversas áreas de atuação tem sido tema de estudos e motivo de preocupação. De acordo com pesquisas, há uma lacuna de 3 milhões de engenheiros, considerando a demanda do país para os próximos dez anos e seu crescimento atual (SILVEIRA, 2011). Em adendo a isso, entre janeiro de 2010 e outubro do mesmo ano, foram emitidos 25 mil vistos de trabalho para estrangeiros altamente qualificados, principalmente nas áreas de tecnologia e engenharia, fato que assusta, pois o Brasil é um país relativamente fechado. O déficit não se resume à falta de profissionais já formados em cursos superiores de engenharia, mas também do baixo número, se comparado a países desenvolvidos ou em crescimento acelerado, como Índia e China, de candidatos para realização de cursos desta área do conhecimento e da alta evasão dos já inscritos, que chega a índices alarmantes como 50% de desistência entre os alunos. Ainda segundo pesquisas realizadas pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2011), em 2009 apenas 38% dos trabalhadores com diploma em engenharia estava empregada em ocupações próprias da área, caracterizando um agravante na já deficiente oferta de trabalhadores especializados em uma das áreas mais importantes e relevantes a um crescimento econômico adequado ao cenário mundial atual.

Diariamente, constantes descobertas nos campos da telecomunicação, robótica e computação vêm surgindo e afetando a vida humana. Os cursos de computação estão diretamente relacionados a essas mudanças, e abordam diversos tópicos, como sistemas operacionais, arquitetura de hardwares, redes, robótica e inteligência artificial. Por essa relação com diversos campos da tecnologia, onde inovações surgem a todo o momento, os estudantes que optam por essa carreira geralmente enfatizam conhecimentos relacionados aos problemas que ele tem, ou espera ter, na sua vida profissional.

Dentre os campos de atuação tecnológica, a robótica móvel tem sido uma área promissora, que tem alcançado muitos avanços na última década (ROBÓTICA, 2011) (NEHMZON, 2003). Entretanto, há um problema didático ao se ensiná-la em disciplinas acadêmicas, por se tratar de uma área eminentemente interdisciplinar, e, portanto, associada a um grande volume de conteúdos de diferentes assuntos. Uma metodologia alternativa que suscita muito interesse e é muito utilizada em diversas instituições de renome (DELAWARE, 2011) (PBL, 2011) é o *Problem Based Learning (PBL)*, onde o estudante assume um papel de mais responsabilidade sobre seu aprendizado e o professor deixa de ser o centro das soluções e acaba atuando apenas como um coadjuvante, um facilitador.

Seguindo a metodologia do *PBL*, é possível montar aulas mais atraentes ao aluno e que ajudam a fixar o conteúdo, além de desenvolver habilidades de trabalho em grupo e pesquisa, ambas trabalhadas no

decorrer da experiência. A *PBL* em robótica móvel também pode ser bastante motivadora, por dar uma experiência integral e desafiadora no desenvolvimento de projetos, podendo diminuir a evasão encontrada nas universidades. É com o objetivo de mostrar o aumento do progresso e interesse dos alunos que o presente trabalho disponibiliza um estudo de caso da utilização de *Problem-based-learning* no ensino de robótica móvel para alunos do 9º semestre de Engenharia da Computação. O experimento ocorreu no Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no período de 5 de maio à 28 de junho. Todas as abordagens e técnicas utilizadas serão mostradas no decorrer do artigo bem como uma análise gráfica e textual do progresso individual de cada grupo na construção da solução do desafio.

2 ROBÓTICA MÓVEL

O termo “robótica móvel” refere-se aos sistemas autônomos capazes de interagir com o ambiente e mover-se livremente através deste. O ensino desta área do conhecimento, que não se restringe apenas a campos de eletrônica e mecânica, e envolve tanto o controle dos atuadores e sensores, que permitem ao robô analisar o mundo ao seu redor, quanto a tomada de decisões. Ela se dedica tanto a sistemas de pequeno porte quanto de grande porte, desde mecanismos simples a outros extremamente complexos. Por isso, desenvolver um currículo para essa disciplina é um desafio: a disciplina é teórica e aborda o estado da arte da robótica, e qualquer trabalho prático necessitará de um vasto background para em assuntos como programação de micro controladores e sistema de controles de motores, assuntos muito complexos que deixariam de lado o estado da arte da robótica.. Com produção estimada em milhões de unidades e movimentando bilhões de dólares anualmente, com aplicações que vão desde a indústria militar até a de entretenimento, a robótica móvel representa uma parcela crescente da produção tecnológica mundial. A exemplo do Japão, que representa hoje o país de maior investimento e produção na área da robótica, os EUA e outras grandes economias mundiais investem pesado nesse ramo da indústria, visando à obtenção de produções otimizadas e de alta qualidade. Prevê-se, por exemplo, que o número de unidades robóticas vendidas no período de 2009 a 2012 ultrapasse o total de vendas até o ano de 2008, tanto as destinadas ao uso profissional quanto ao doméstico.

3 PROBLEM BASED

LEARNING (PBL)

Aspectos que tornam o problema eficiente:

- O nível do problema deve ser coerente com o estágio curricular do aluno e o seu nível de entendimento.
- O problema deve ser atrativo e ter relevância prática.

Quadro 1: Aspectos para aplicação PBL eficiente suficientemente amplo para que as discussões não cessem rápido.

- A solução deve correlacionar diversos conteúdos, envolvendo, assim, o aluno na pesquisa.

Em meados de 1961, o PBL surge na escola de medicina da McMaster University, no Canadá, e propõe uma quebra no método de ensino tradicional, utilizando problemas reais como motivação para o aluno buscar o conhecimento e, assim, a solução para o mesmo (RHEM, 2011), se tornando autônomo nessa busca. Desde lá, o PBL vem sendo utilizado em diversos cursos de graduação e pós-graduação na área da saúde e em diversas outras áreas.

Segundo definição do Dr. Howard Barrows e de Ann Kelson (LEVINE, 2011), ambos da Southern Illinois University School of Medicine, PBL é a união de currículo e processo. A caracterização de currículo diz respeito ao desafio proposto aos alunos, o qual deve ser cuidadosamente montado de forma que o aluno obtenha conhecimento crítico, proficiência em resolver problemas, estratégias para a busca do conhecimento e habilidades de trabalho em equipe, uma vez que a comunicação no grupo é fundamental para a solução. Já o caráter de processo se dá pelo fato de que o PBL sugere reuniões

entre os grupos e o professor e alguns itens que podem melhorar e organizar o processo (WOOD, 2011). São eles:

1. Identificar e desmistificar termos presentes no desafio que não são familiares para o grupo.
2. Definir o problema ou os problemas que devem ser discutidos, de forma que todos os estudantes cheguem a um acordo sobre as diferentes perspectivas do desafio;
3. Sessão de *Brainstorming* para elencar os conhecimentos principais que serão utilizados na solução;
4. Momento de pesquisas, testes e construção efetiva da solução em cima dos objetivos previamente definidos;
5. Cada grupo divide as informações e experiências obtidas no item 4 de forma que o conhecimento fique nivelado.

Além disso, algumas literaturas explicitam alguns pontos a serem observados, de forma que os cenários propostos para os alunos sejam eficientes. Alguns deles são citados no Quadro 1.

Com uma metodologia tão bem estruturada, facilita o trabalho de encontrar relatos bem-sucedidos do uso de *PBL* no ensino de tecnologia. Uma pesquisa da Copenhagen University College of Engineering (FRIESEL, 2010) mostra, basicamente, que o trabalho em equipe e os problemas envolventes, ambos proporcionados pelo *PBL*, reduziram a evasão dos cursos de engenharia da computação e elétrica. Isso porque foi notado que havia um alto índice de desistências no início do curso (semestre 1-2) devido à dificuldade de matérias como matemática e física. Como não há meios de continuar com cadeiras do curso sem que o estudante tenha tais conteúdos consolidados, foram aplicados os conceitos de *PBL* em cima de problemas da atualidade envolvidos por essas disciplinas. No final do experimento, FRIESEL percebeu que houve uma redução considerável do índice de desistências e reprovações. Além disso, os alunos que foram para etapas subsequentes do curso tinham um domínio muito maior das disciplinas do que os que não participaram da pesquisa.

4 DESAFIO

Após algumas aulas teóricas para ambientação com conceitos da robótica móvel, como sensores, atuadores e arquiteturas de controle, iniciou-se um pequeno ciclo de tarefas práticas envolvendo o kit NXT Mindstorms, da LEGO, de forma que o conteúdo apresentado em aula fosse utilizado na prática. Feito isso, o desafio de robótica móvel foi apresentado aos alunos.

A robótica móvel tem como objetivo que robôs, dotados de mobilidade, sejam capazes de realizar operações complexas de maneira autônoma. Suas aplicações são diversas, podendo substituir humanos em trabalhos insalubres ou de alto risco. Por ser um campo interdisciplinar, que emprega técnicas dos mais diversos campos do conhecimento humano, tais como física, mecânica, eletrônica e programação, e por representar um projeto bastante complexo, criar mecanismos que resolvam essas situações é um excelente exercício para os estudantes além de aprimorar habilidades como trabalho em grupo e raciocínio lógico. O desafio de robótica foi elaborado com o intuito de que o tema remetesse à realidade e, ao mesmo tempo, necessitasse da utilização dos vários conceitos da robótica já previamente mostrados em aula.

Apesar de ser um campo prolífico, desenvolver um desafio complexo em robótica móvel é, no mínimo, difícil; ainda mais um que possa ser realizado em um semestre e leve em conta as limitações do kit da LEGO. Na sua concepção, decidiu-se levar em conta dois aspectos: o sensoriamento e o sistema de comunicação presentes no kit. Tentou-se simplificar a parte de planejamento de caminhos e adaptabilidade do robô, e manter o enfoque da disciplina no projeto.

Pensando num problema comum abordado em robótica móvel, centrou-se o desafio em encontrar um objeto em um labirinto e retirá-lo. Cada equipe, então, teria que construir dois robôs (explorador e carregador), a partir de dois kits NXT LEGO Mindstorms, para percorrer um labirinto desenhado no chão e trazer o objeto identificado para a saída (haverão dois, de cores diferentes). O explorador deverá entrar no labirinto e mapeá-lo, de forma que o segundo robô (carregador) possa chegar até o objeto a ser coletado. O robô explorador pode utilizar todo e qualquer sensor dos kits, mas não pode ter qualquer mecanismo que o possibilite carregar o objeto (uma esfera colorida). Já o robô carregador, o qual irá seguir as instruções recebidas do primeiro, não pode conter qualquer sensor (seja ele de luz, som, ultrassom ou toque), mas deve ter mecanismos para carregar a bola, de forma que ambos os robôs devam trabalhar em conjunto. O processador do kit possui comunicação bluetooth, que poderá ser usado para fazer a conexão entre os dois robôs.

CAMPO DE PROVA

O campo foi construído em tecido preto fosco, as linhas foram marcadas com fita branca e os indicadores coloridos (azul e vermelho) foram feitos de papel fosco com suas respectivas cores. Assim, cada equipe poderia usar sensores de luz ou de cor em seus projetos para interagir com o campo; podemos vê-lo, com suas marcações, na Figura 1. Vale ressaltar que as equipes não conhecem, de

antemão, a configuração do labirinto. O sinal em azul indica ao robô que o mesmo está na única entrada/saída do labirinto. Em cada ponto do percurso que houver mais de uma opção de caminho a seguir, foi colocado um sinal vermelho, o qual o explorador deve identificar como bifurcação e/ou encruzilhada, conforme o caso.

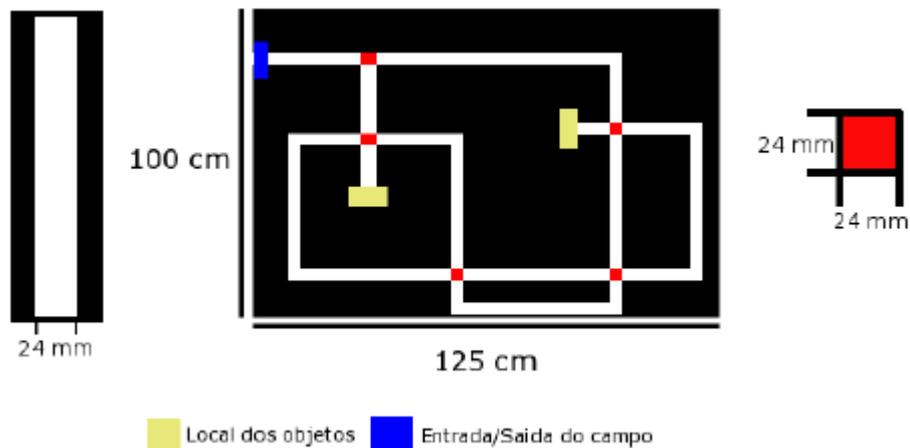


Figura 1 – Esquema do campo utilizado no desafio

Regras do desafio

Os robôs partem da demarcação em azul e só podem andar sobre a linha marcada pela fita branca. O robô explorador entra no labirinto primeiro, e o percorre até encontrar o objeto que deve ser retirado. O robô pode andar apenas seguindo as linhas brancas demarcadas no chão.

As demarcações em vermelho indicam ao robô que há mais de uma escolha de caminho a se fazer, deixando ao encargo do algoritmo do mesmo a tomada de decisão.

No campo, há dois locais para o suporte de objetos – ver figura 2 -, sendo um deles o que conterà a esfera de cor certa (esfera azul presente no kit Mindstorms da LEGO) e o outro com a de cor errada (esfera vermelha, também presente no kit). Isso implica em outra tarefa do explorador que é verificar se a esfera encontrada é a procurada, antes de enviar as coordenadas para o carregador. Com isso, os alunos utilizariam reconhecimento de cor sem um sensor próprio para a função, sendo que sensor de luz realizará esta função.

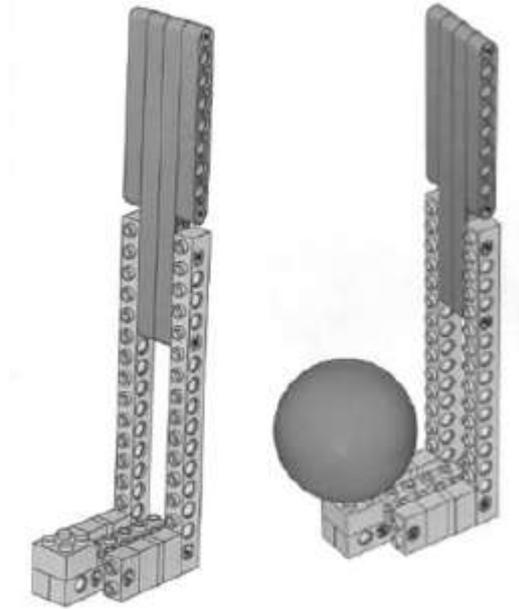


Figura 2 – Suporte, feito de lego, para as esferas

AULAS PRÁTICAS

As aulas práticas ocorriam todas as terças e quintas-feiras, no turno da tarde, em um laboratório do Instituto de Informática da UFRGS. Os alunos se reuniram em grupos de três integrantes cada e, dispondo de dois kits, começaram a trabalhar no desafio. A primeira grande observação a ser feita foi a rápida adaptação dos alunos à metodologia aplicada. Após tirar rápidas dúvidas para o melhor entendimento, todos os grupos, sem exceção, buscaram informações na internet – algoritmos para seguir linhas, resolver labirintos – que possivelmente podem ser utilizados na resolução do problema. Tal fato reflete na simplicidade do *PBL*, o qual não exige um nível de compreensão tão grande para ser aplicado, basta seguir as experiências que outros já tiveram, e estar atento às mudanças que ocorrem na experiência em si para que as características dessa abordagem sejam moldadas e melhor aceitas.

Outra característica foi a troca de informações entre os grupos, tanto em aspectos mecânicos do robô, bem como possibilidades de programação e lógicas distintas para resolver o desafio. Isso mostra claramente que o *PBL* não incita um espírito competitivo, mas sim a busca do conhecimento, o trabalho em equipe e a criação de uma espécie de networking para a troca de experiências e informações obtidas pelos grupos. Em alguns desses debates houve até sugestões, as quais foram implementadas, sobre características técnicas do desafio (campo, regras, etc.), como o tipo de material do campo, o qual, depois de experiências feitas por um dos grupos, deveria ser fosco, para que o sensor de luz do kit da LEGO funcionasse melhor.

Quanto à programação, os alunos optaram pela linguagem escrita (no caso, o NXC) ao invés da linguagem icônica disponibilizada pelo kit. Após um rápido debate, os grupos argumentaram que o NXC oferece um controle maior sobre as possibilidades do processador do robô, principalmente em relação a cálculos matemáticos presente na solução do desafio.

6 RESULTADOS

Para que fosse possível medir o progresso dos estudantes, e mais, a distribuição de tarefas frente ao tempo total de trabalho, a solução completa do desafio foi dividida em macro tarefas, sendo as quais, na visão do presente trabalho, seriam as tarefas mais lógicas a serem executadas para obter resultados expressivos. Entretanto, deixa-se implícito que há mais de uma solução possível pra o desafio, bem como variações dos planos estratégicos para construção dos mesmos.

As figuras 3, 4 e 5 apresentam um gráfico de Gantt com o progresso de cada um dos três grupos. No eixo horizontal, temos uma escala de tempo em dias, com uma faixa de valores limitada por 5 de maio de 2011 (data de início das atividades) e 3 de junho de 2011, onde foram encerradas as coletas de dados. Vale ressaltar que as atividades referentes ao desafio na cadeira de Robótica Móvel continuaram após a escrita do presente trabalho.

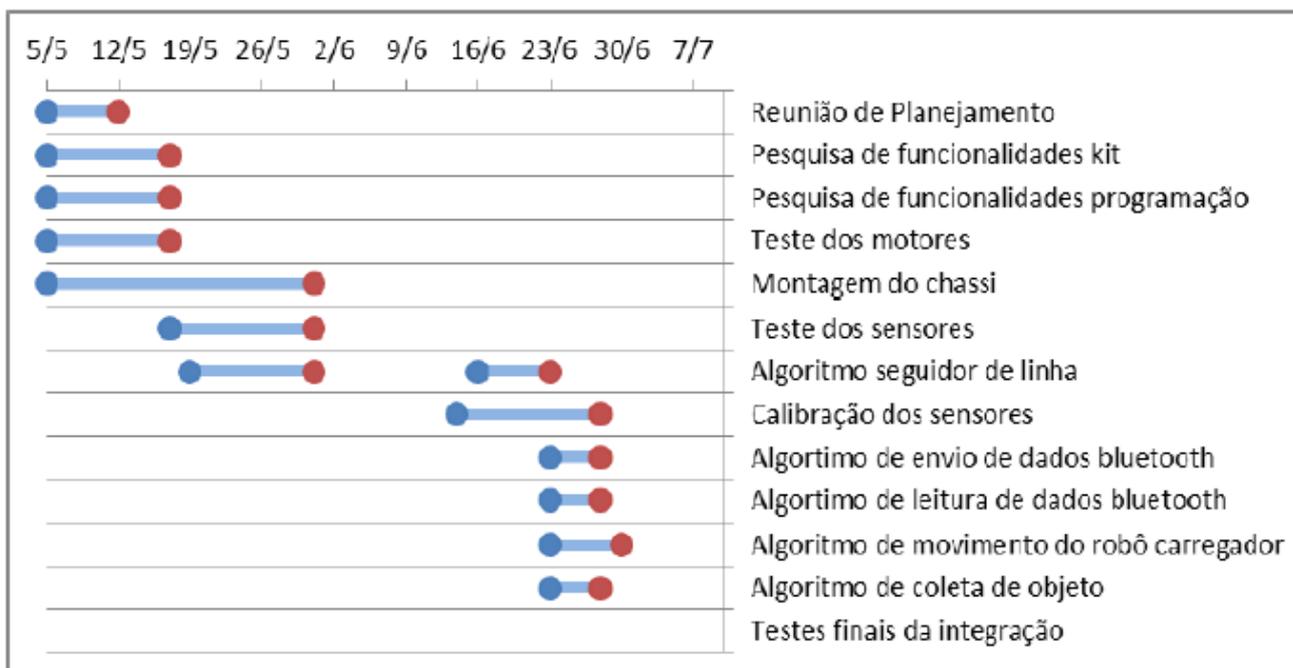


Figura 3 - Gráfico de desempenho do grupo 1

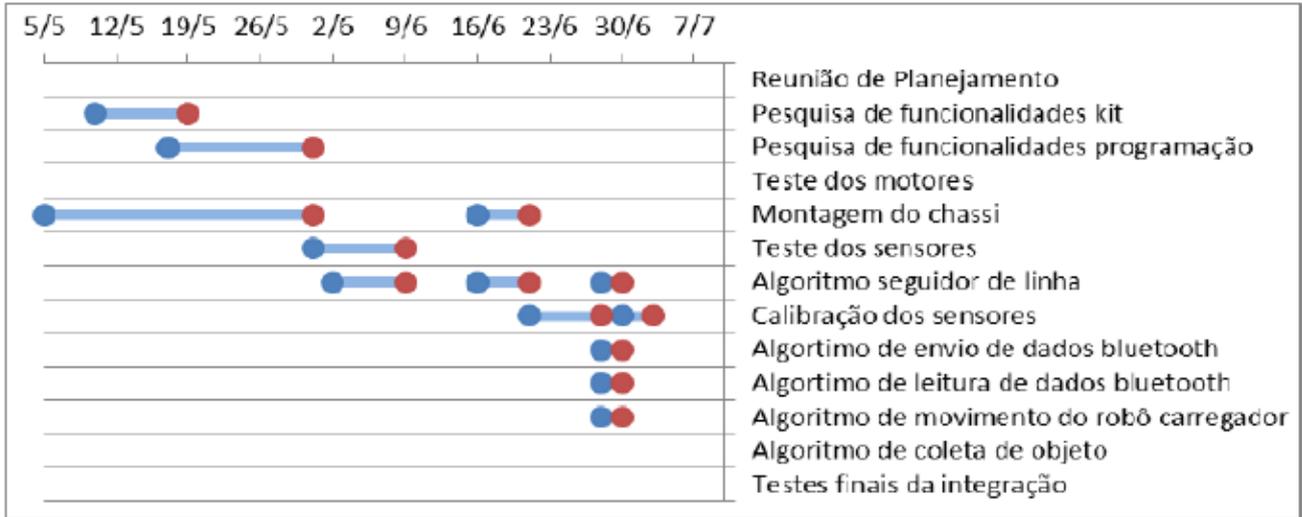


Figura 4 - Gráfico de desempenho do grupo 2

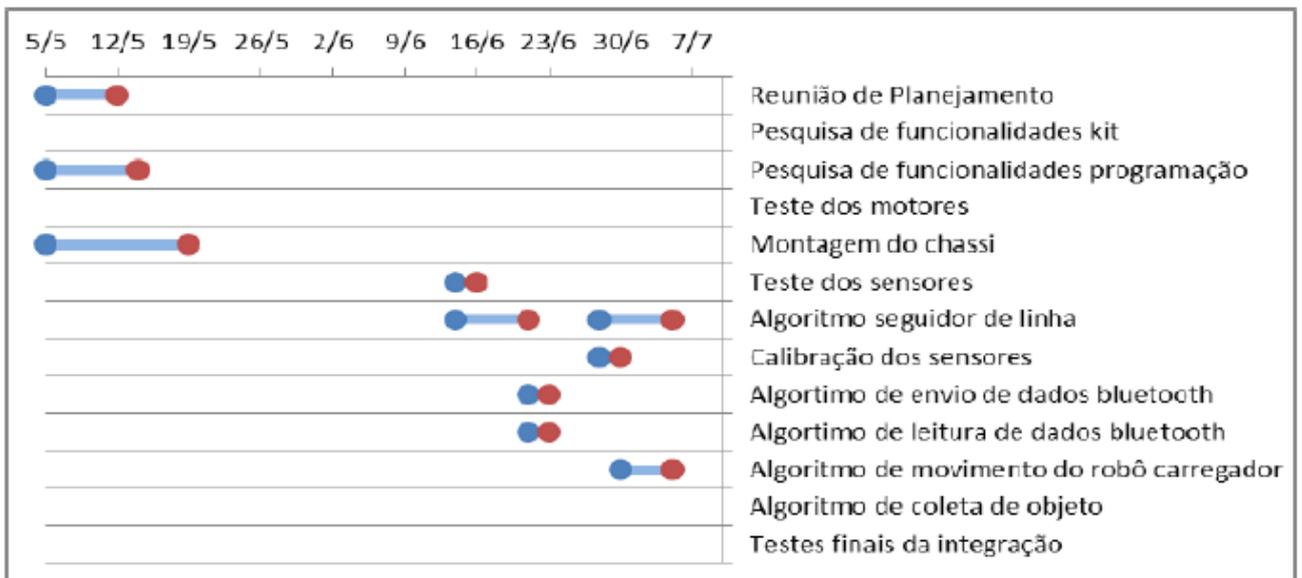


Figura 5 - Gráfico de desempenho do grupo 3

Além de analisar o desenvolver do trabalho dos alunos, o que nos dá a noção de comprometimento, precisamos verificar como eles se sentiram com a atividade, para avaliarmos como a metodologia foi aplicada. Para tanto, foi passado um questionário para os três grupos com as seguintes questões:

1. Principais dificuldades encontradas.
2. Sugestões para suprir as dificuldades..
3. Pontos positivos do método empregado na aula.
4. Pontos negativos do método.

5. Pontos positivos do desafio.

6. Pontos negativos do desafio.

Os grupos citaram que o kit da LEGO facilitou o trabalho, e permitiu que eles começassem seus projetos com muito pouco tempo de estudo. Apesar disso, a imprecisão dos sensores do kit foi um dos pontos mais criticados do trabalho, e lidar com essa imprecisão foi uma dificuldade para os alunos. A metodologia foi bastante elogiada como uma forma bastante motivadora de trabalhar, principalmente por ser prática e autodidática. Como críticas mais severas, as equipes possuíram pouco tempo para trabalhar com os kits e um espaço restrito de trabalho, já que toda a montagem e teste do robô tinha que ser feita em sala de aula.

Além disso, o desafio foi considerado muito ambicioso, tendo em vista as capacidades do kit, faltando um documento que detalhasse todo o documento, como meios de avaliação, regras e dimensionamentos.

7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FINAIS

Os gráficos de Gantt apresentados na sessão anterior devem ser analisados com cautela.

O motivo disso é que tais gráficos ilustram apenas as tarefas nas quais cada grupo trabalhou nas aulas e não podem ser tomados como dados majoritários para medir o progresso real de cada grupo. Por isso, um grupo pode ter trabalhado menos que outro, porém atingido um nível de construção muito maior.

Não se pode considerar este experimento como um sucesso total. Isso porque nem um dos três grupos conseguiu montar uma solução completa para o desafio, além da falta de períodos fora de aula para realização das atividades e bancadas adequadas para a construção do projeto, com espaço suficiente para montagem. Entretanto, a partir dele, foi possível levantar tópicos visando um sucesso ainda maior para a pesquisa. Em experimentos futuros, alguns aspectos terão que ser repensados, de forma que haja ainda mais resultados expressivos:

- Disponibilizar horários fora do período de aula para utilização do kit;
- Programar apresentações parciais do andamento das atividades;
- Propor sistema de pontuação e bônus baseado no cumprimento de tarefas;

- Iniciar a cadeira desde o início com o desafio e direcionar as aulas teóricas, de uma maneira que seja abordado os temas que os alunos estão estudando no seu projeto;

É interessante analisar a frequência do trabalho e as tarefas realizadas em paralelo, características que podem ser obtidas dos gráficos. Pode-se identificá-la pela presença de trabalho em toda a extensão do eixo horizontal e a divisão de trabalhos, ou seja, a realização de tarefas em paralelo é mostrada pelo empilhamento de execuções no mesmo período do eixo horizontal. Ambas as características retratam o interesse dos grupos pela conclusão do desafio, o que implica no conhecimento que tais alunos obtêm ao resolver o desafio. As figuras 6 e 7 mostram algumas das construções feitas durante o projeto.

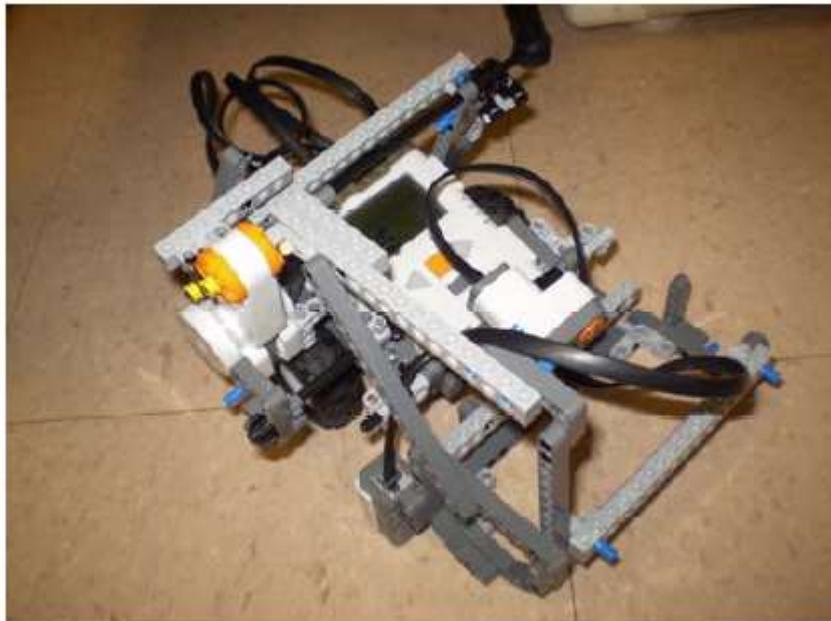


Figura 6: Modelo de robô carregador construído pelos alunos

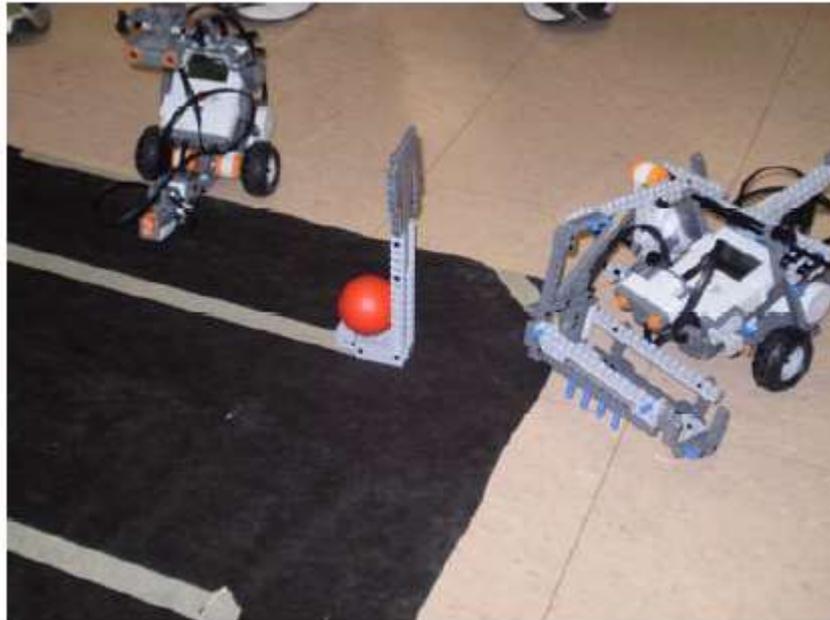


Figura 7: Modelos de explorador e carregador construído pelos alunos

A disciplina geralmente é muito teórica, tendo como enfoque estudar como a robótica é aplicada, e não as nuances da montagem de um sistema robótico (que envolveria estudo de programação de micro controladores e sistemas de controle). Isso gera uma grande evasão dos alunos, principalmente para o final do semestre, quando eles devem fazer trabalhos para outras disciplinas. O aumento da frequência das aulas visto nesse semestre é uma evidência que o trabalho prático é motivador e necessário em uma disciplina de robótica. Esse experimento demonstra que se pode desenvolver um projeto prático de uma forma independente da disciplina, se dispormos de uma tecnologia que não requer muito estudo para ser aplicada (senão ela precisará de um acompanhamento teórico). É uma maneira eficiente de lidar com o contraste entre aplicação e prática, o aluno faz um trabalho análogo ao conteúdo estudado.

Sobre a efetividade no aprendizado dos alunos, cada grupo pode ser diferenciado apenas na integralidade de seus esforços e nas escolhas feitas por cada um em relação ao plano estratégico, observados nos gráficos de Gantt, no seu trabalho para desenvolver um projeto completo. Não é fácil avaliar uma disciplina de estado da arte, o que se pode dizer é que a abordagem PBL complementou as aulas teóricas e incentivou os alunos a continuarem assistindo as aulas teóricas. Um fator positivo sobre a metodologia é que ela permite que os alunos desenvolvam habilidades de trabalho em projetos e organização de grupos, habilidades muito valorizadas no mercado de trabalho, mas que nem sempre são trabalhadas na formação acadêmica.

Para futuras edições da disciplina, o desafio poderia ser revisto, já que os alunos o consideraram muito complexo para ser feito com o kit da LEGO, talvez se possa redesenhar o mapa para que ele possua curvas maiores e precise de menos precisão sensorial. Considera-se que o *PBL* foi de extrema importância para o surgimento de tal interesse, devido ao fato de se conseguir manter alunos do 9º semestre, os quais já estão terminando suas trajetórias em seus respectivos cursos, engajados na resolução do desafio. Espera-se que, na próxima edição da disciplina, mais alunos se inscrevam.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FRIESEL, Anna. Retaining electronic engineering students by project and team-work from the first semester. Ballerup: Copenhagen University College of Engineering, 2010.

Ipea diz que pode haver "apagão" na área de engenharia do Brasil. Disponível em: <

<http://www.portaluniversidade.com.br/noticias-ler/ipea-diz-que-pode-haver-apagao-na-areade-engenharia-do-brasil/1607> > Acesso em: 10 mai. 2011.

LEVINE, Alan. An Overview of PBL. Disponível em:

<<http://www.mcli.dist.maricopa.edu/pbl/info.html>> Acesso em: 12 mai. 2011.

NEHMZON, Ulrich. Mobile Robotics: A Pratical Introduction. 2ª Edição. Colchester: Springer, 2003.

Problem Based Learning. Disponível em:

<<http://www.maastrichtuniversity.nl/web/Main/Education/EducationalProfile/ProblemBasedLearning.htm>> Acesso em: 15 jun. 2011.

Problem Based Learning at University of Delaware. Disponível em: <<http://www.udel.edu/inst/why-pbl.html>> Acesso em: 15 jun. 2011.

RHEM, James. Problem-Based Learning: An Introduction. Disponível em:

<http://www.ntlf.com/html/pi/9812/pbl_1.htm> Acesso em: 12 mai. 2011.

Robótica móvel. Disponível em: <<http://moodle.epfl.ch/mod/resource/view.php?id=152731>> Acesso em: 9 jun. 2011.

SILVEIRA, Vandyck. Ibmec terá engenharia e cursos em cidades médias. Folha de São Paulo, São Paulo, 05 jun. 2011. Caderno B, p. 11.

WOOD, Diana F. Problem based learning. Disponível em:

<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1125189/>> Acesso em: 12 mai. 2011.

Capítulo 23



10.37423/210504107

ANÁLISE DE CASOS DE INFILTRAÇÃO EM EDIFICAÇÕES NO CENTRO DE PATOS DE MINAS-MINAS GERAIS

Amanda Moreira de Sousa

Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM

Bárbara Danne Marinha Silva

Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM

Emilly Isabella Aleixo Lima Scalon

Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM

Luíza Andrade Álvares

Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM

Sheyla Pereira Vieira

Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM



Resumo: As fachadas estão expostas a diversas manifestações patológicas causadas por agentes externos, planejamentos inadequados, de métodos construtivos incorretos, da falta de conhecimento técnico e prático, entre outras razões. O presente estudo tem como objetivo uma pesquisa qualitativa voltada para coleta de dados de infiltrações e descolamento de pintura no centro de Patos de Minas-MG, com intuito de realizar análises quantitativas comparando a ocorrência das duas manifestações patológicas, as propriedades de cada uma delas e posteriormente realizando uma análise qualitativa de quatro casos no qual o descolamento de pintura é advindo das infiltrações, realizando uma possível solução para cada caso em específico. Percebendo-se que a análise de uma ampla quantidade de construções e sua patologia fornece uma margem para o diagnóstico do problema recorrente e auxílio na determinação de qual a medida deve ser tomada para melhorias nas obras, no qual as soluções mais comuns encontradas foram a realização de uma nova camada de impermeabilização.

Palavras-chave: Manifestações Patológicas. Patologia das Estruturas. Infiltrações. Descolamento de pintura. Patos de Minas - MG.

1. INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços tecnológicos e dos inúmeros estudos voltados para qualidade das construções muitas vezes elas não possuem resultados satisfatórios. Diversos são os defeitos que podem ser observados em uma obra, esses são chamados de patologia construtiva. Com isso, percebeu-se a necessidade de analisar, organizar e avaliar soluções nessa área para evitar desconforto dos usuários, insegurança e aumento de custos.

A patologia é referente à ciência do que estuda, na engenharia, os sintomas, os mecanismos, as causas e a natureza dos defeitos das construções civis, ou seja, os anomalias da deterioração de uma obra que causam queda no desempenho funcional ou estético. (OLIVEIRA, 2013)

As fachadas em especial tendo função não só estéticas como de segurança são as que mais sofrem com as intempéries, portanto tem grande incidência do aparecimento de problemas. Mas as manifestações patológicas não são causadas somente por agentes externos, elas também podem ser oriundas de planejamentos inadequados, de métodos construtivos incorretos, da falta de conhecimento técnico e prático, de materiais utilizados de forma errada, materiais de má qualidade, pelo mau uso no decorrer dos anos ou pela falta de manutenção.

Portanto um projeto mal detalhado que não siga as normatização pré estabelecidas, construções feitas em prazos inadequados e sem manutenção posterior a entrega obra certamente serão de má qualidade e terão manifestações patológicas com maior frequência. (SOUZA; RIPPER, 1998)

Segundo Granato (2002), diferentes processos ocasionam a degradação das construções, como variação de temperatura, reações químicas, erosão, vibrações, e o fenômeno de corrosão entre outros inúmeros fatores. Sendo expressamente necessário manter exigências apropriadas pelo qual a obra foi projetada.

Uma das grandes problemática nas obras causadas pela excessiva umidade, as chamadas infiltrações, que podem afetar a estrutura, seja no reboco, na pintura, no concreto, no aço, ou em outras partes da edificação. Essas manifestações patologias interferem na longevidade da construção e pode ser prejudicial à saúde uma vez que ambientes úmidos podem abrigar fungos. (SILVA; SALES, 2013)

Na pintura a infiltração pode causar descolamento, pois a água empola a pintura ou gera bolhas chamadas de vesículas. Sendo assim é possível concluir que muitas vezes uma patologia pode ocasionar outras adversidades na obra. Por isso é necessário que a construção seja realizada por

profissionais capacitados, seguindo as normas estabelecidas e utilizando de métodos e materiais de qualidade.

Devido a maior exigência do mercado consumidor e de leis que exigem uma maior margem de qualificação e de segurança essa, problemática é um tema de crescente estudo para que sejam encontrados meios de evitar que as construções possuam manifestações patológicas e remediar aquelas que já apresentam.

O presente trabalho é uma pesquisa voltada para coleta de dados de infiltrações e descolamento de pintura no centro de Patos de Minas- MG, com intuito de realizar análises quantitativas comparando a ocorrência das duas manifestações patológicas estudadas nesse trabalho, das principais causas de ocorrências dessas adversidades e de seus tipos (congenita, constitutiva, adquirida ou acidental). Tendo como objetivo posterior uma análise qualitativa de quatro casos no qual o descolamento de pintura é advindo das infiltrações, e realizar uma possível solução para cada caso em específico.

2. METODOLOGIA

Para elaboração desse trabalho foi realizados primeiramente um pesquisa de campo no centro de Patos de minas- MG, onde foram efetuadas fotos das manifestações patologicas descolamento de pintura e infiltração com o intuito coletar dados para uma análise quantitativa de casos.

Em cada rua foi elaborada um ficha no qual constata os dados de descrição de manifetsções patologicas, o grau no qual ela se encontra a possível causa e o tipo de patologia (congenita, construtiva, adquirida ou acidental). Dos dados dessas fichas foram elaborados gráficos para facilitar a compreensão dos resultados.

Posteriormente foram selecionados quatro casos que apresentavam as duas manifestações patologicas, sendo a infiltração a motivadora do descolamento de pintura, no qual foram analisadas as causas e possíveis soluções do problema.

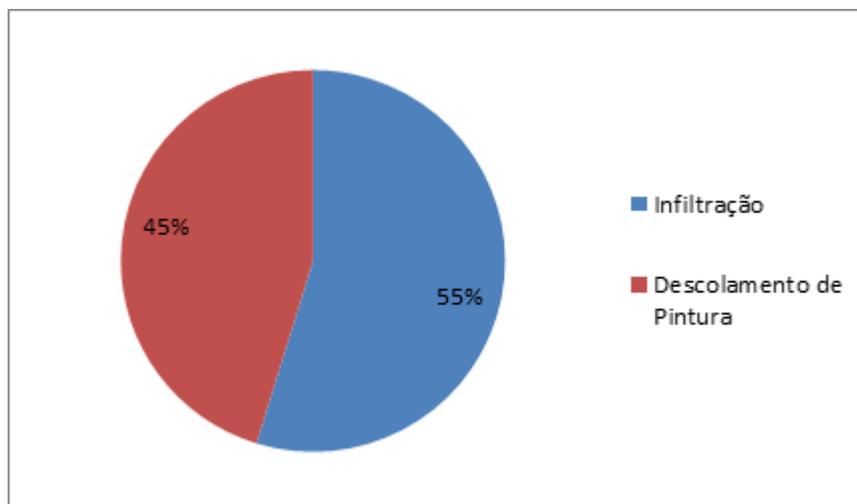
3. RESULTADOS

3.1 ANÁLISES QUANTITATIVAS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

A figura 1 mostra as proporções de manifestações patológicas encontradas no qual é possível observar que a infiltrações representa uma porcentagem superior ao descolamento de pintura, a motivação desse resultado é que a infiltração é mais complicada do que a renovação da pintura segundo Perez

(1998), nas obras a umidade representa um dos problemas de maior complexibilidade de resolução para a engenharia civil.

Figura 1 - Proporções das manifestações patológicas



Fonte: Própria Autoria

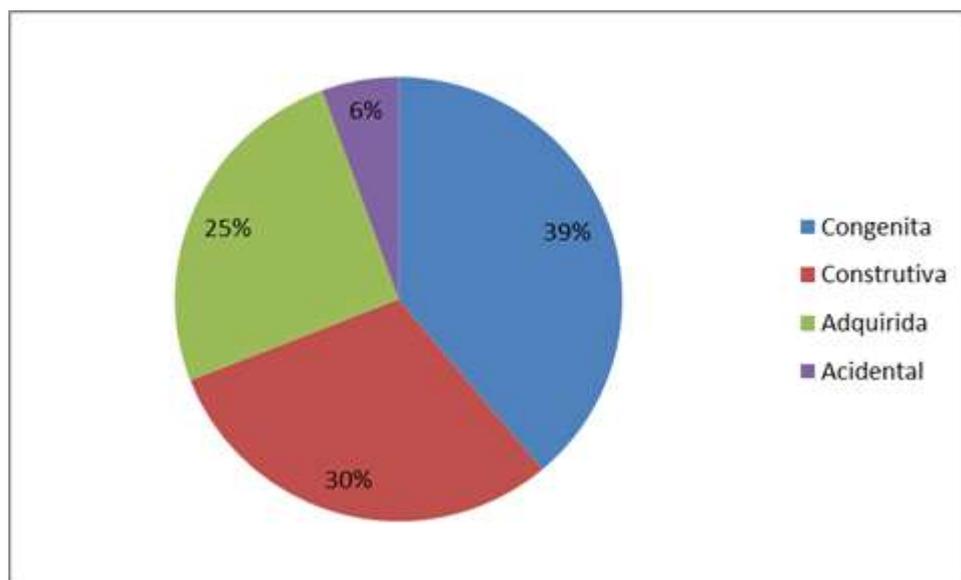
3.2 ANÁLISES DOS TIPOS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

De acordo com Roscoe (2008), as origens das manifestações patológicas podem ser classificadas como: congênita, construtiva, adquirida e acidental.

- Congênita: origem na fase de elaboração do projeto, seja, pelo não cumprimento de normas técnicas ou por erros profissionais. Sendo erros na funcionalidade da obra e em sua qualidade, esses são responsáveis por 40% das manifestações patológicas de uma obra.
- Construtiva: origem na execução, resultado de mão de obra despreparada,
- Adquirida: origem posterior a execução da obra, durante sua vida útil, e são resultados da falta ou da incorreta manutenção da construção, causadores de 25% das manifestações patológicas de uma obra.
- Acidentais: caracterizadas por circunstâncias eventuais, sejam ações da natureza ou do homem. Situações que não poderiam ser previstas ou evitadas pela elaboração da obra.

A figura 2 é referente às origens das manifestações patológicas diagnosticadas em Patos de Minas-MG, no qual é possível observar que os dados se assemelham aos fornecidos por Roscoe (2008, p.51).

Figura 2 - Origens das manifestações patológicas

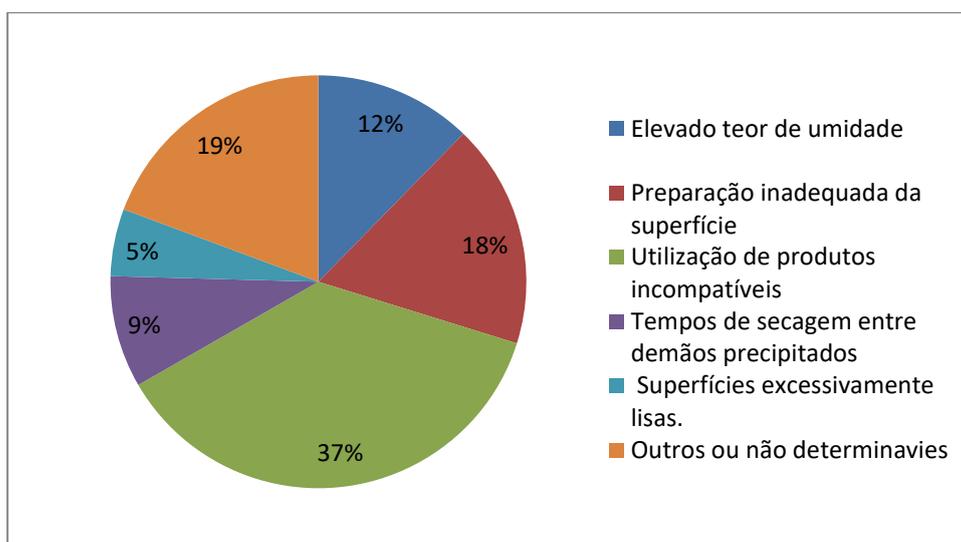


Fonte: Fonte: Própria Autoria

3.3 ANÁLISES DAS PRINCIPAIS CAUSAS DE OCORRÊNCIAS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

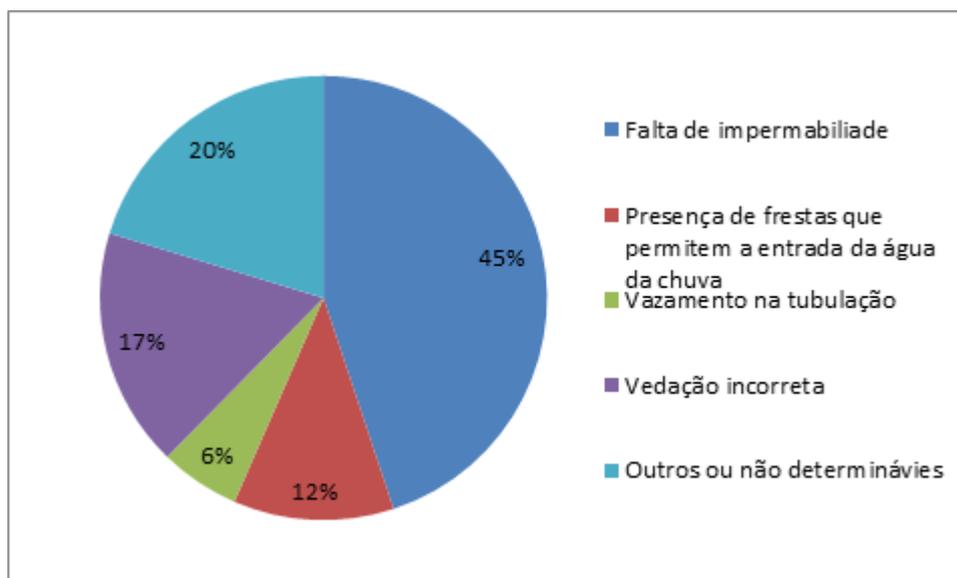
A figura 3 contém as principais causas de descolamento de pintura e a figura 4 das principais causas de infiltrações. Para elaboração dessa análise foram estabelecidos quatro causas mais recorrentes de adversidades geradoras dessas manifestações patológicas. É necessário ressaltar, no entanto, que as análises foram feitas apenas visualmente sem investigação de projetos e especificações, portanto não se pode afirmar que os diagnósticos são irrefutáveis.

Figura 3- Possíveis causas descolamento de pintura



Fonte: Fonte: Própria Autoria

Figura 4 - Possíveis causas infiltração



Fonte: Fonte: Própria Autoria

4. ANÁLISE DE CASOS DE INFILTRAÇÕES RESULTANTES EM DESCOLAMENTO DE PINTURA

4.1 PRIMEIRO CASO

Figura 1 - Primeiro caso



Fonte: Própria Autoria

Causas prováveis: patologia do tipo construtiva, ocasionada pelo acúmulo de água das chuvas e da regagem das plantas no jardim suspenso no qual não possui uma correta impermeabilização, gerando infiltração e em consequência descolamento de pintura.

Mecanismo de recuperação: retirada de terra e da vegetação do jardim, realização um sistema de impermeabilização eficiente, e posteriormente lixamento da superfície danificada para aplicação de uma nova camada de tinta.

4.2 SEGUNDO CASO

Figura 6 -Segundo caso



Fonte: Própria Autoria

Causas prováveis: patologia do tipo construtiva, ocasionado pela impermeabilização incorreta da marquise, gerando infiltração e em consequência descolamento de pintura.

Mecanismo de recuperação: impermeabilização correta da marquise e posteriormente lixamento da superfície danificada para aplicação de uma nova camada de tinta.

4.3 TERCEIRO CASO

Figura 2- Terceiro caso



Fonte: Própria Autoria

Causas prováveis: patologia do tipo construtiva e adquirida, ocasionada pelo acúmulo de água na marquise sem correta impermeabilização e pela danificação do encanamento do banheiro que se encontra na área mais afetada, gerando infiltração e em consequência descolamento de pintura.

Mecanismo de recuperação: reforma do encanamento que se encontra danificado, impermeabilização correta da marquise e posteriormente lixamento da superfície danificada para aplicação de uma nova camada de tinta.

4.4 QUARTO CASO

Figura 3- Quarto caso



Fonte: Própria Autoria

Causas prováveis: patologia do tipo adquirida, ocasionado por dano na tubulação, gerando infiltração e em consequência descolamento de pintura.

Mecanismo de recuperação: reforma da tubulação que se encontra danificado e posteriormente lixamento da superfície danificada para aplicação de uma nova camada de tinta.

5. CONCLUSÃO

O mercado competitivo é cada vez mais exigente, fazendo necessário que todo trabalho realizado seja feito com alto nível de precisão e competência. Essa premissa se aplica as obras de construção civil, que é uma área crescente no qual é preciso investimento não só em renovação, mas também em qualificação.

Tendo em vista que o estilo vigente de construção favorece muito o surgimento de manifestações patológicas, uma vez que prioriza o máximo de economia e o mínimo de tempo para realização. Compreende-se desta forma a necessidade de estudos voltados para conhecer os defeitos das obras, pois é o principal caminho para apresentar suas causas e tentar resolvê-las.

Observou-se nesse trabalho a importância da qualidade de materiais usados nas obras, da mão de obra especializada, de projetos detalhados e de uma manutenção recorrente. Também foi possível observar que impermeabilização correta pode evitar não só a infiltração, mas também outras manifestações patológicas, como o descolamento de pintura, tendo em vista que a água pode gerar diversos defeitos em uma obra.

Portanto conclui-se com esse trabalho que a análise de uma ampla quantidade de construções e sua patologia fornece uma margem para o diagnóstico do problema recorrente e auxílio na determinação de qual a medida deve ser tomada para melhoria das obras.

REFÊRENCIAS

- [1] OLIVEIRA, Daniel Ferreira. Levantamento de causas de patologias na construção civil. 26 f. TCC (Graduação)- Curso de Engenharia Civil, Escola politécnica, Universidade federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- [2] SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1998.
- [3] GRANATO, José Eduardo. Patologias das construções. São Luiz do Maranhão, 2002.
- [4] SILVA, Igor de Souza; SALES, Juscelino Chaves. Patologia Ocasionada Pela Umidade: Estude de caso da Universidade Estadual Vale do Acaraú- UVA. If: IX Congresso internacional de patologias e recuperação de estruturas. São João, 2013.
- [5] PEREZ, Ary. Rodrigo. Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p.571-78.
- [6] ROSCOE, Márcio Taveira. Patologias em Revestimento Cerâmico de Fachada. TCC(Graduação)- Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

Capítulo 24



10.37423/210504110

DIRETRIZES DE USABILIDADE E ACESSIBILIDADE PARA DESIGN DE INTERFACES PARA USUÁRIOS IDOSOS

Alinne Victória Martins Ferreira

Universidade Federal do Maranhão

Ivana Márcia Oliveira Maia

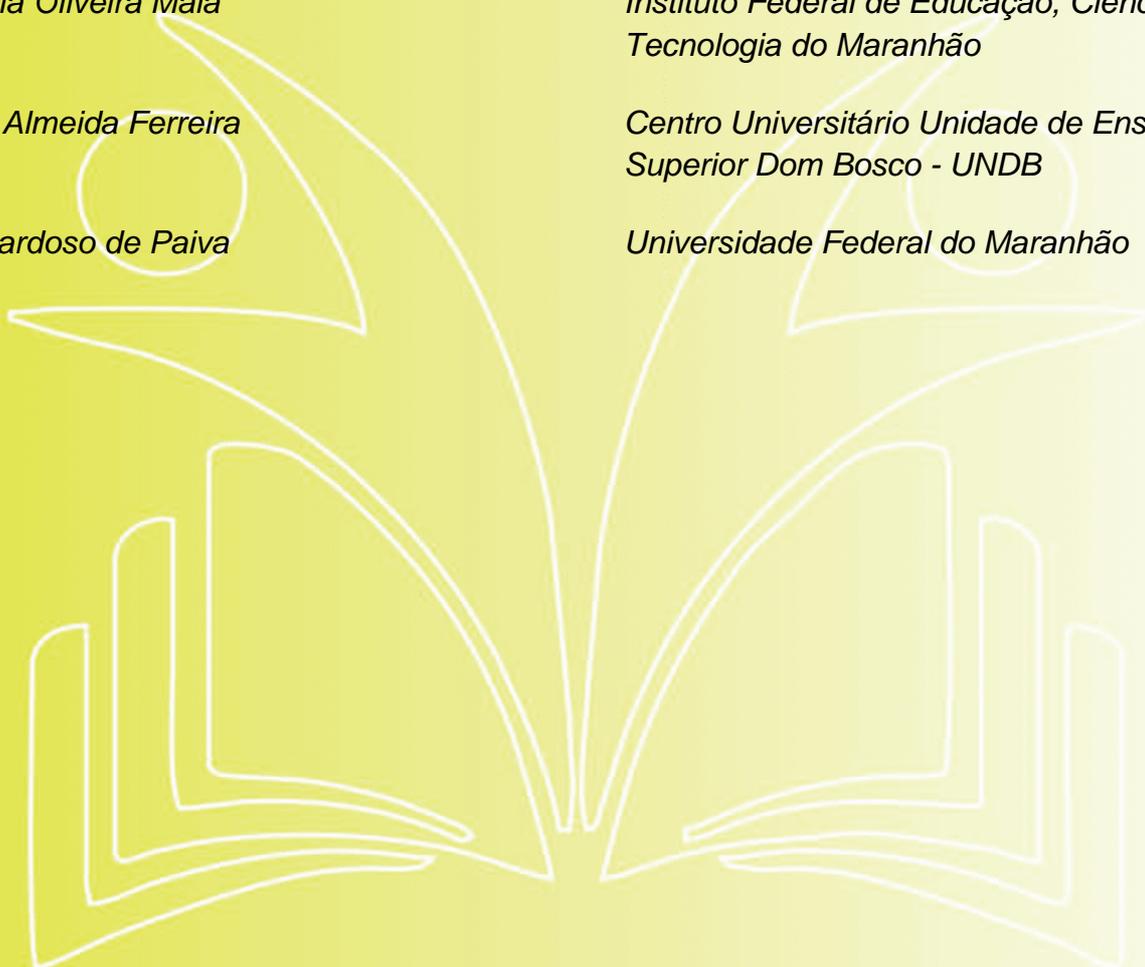
*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Maranhão*

Lara Maria Almeida Ferreira

*Centro Universitário Unidade de Ensino
Superior Dom Bosco - UNDB*

Anselmo Cardoso de Paiva

Universidade Federal do Maranhão



Resumo: A acessibilidade é um direito garantido por lei em todos os aspectos, entretanto, muito ainda deve ser feito para que pessoas idosas possam interagir com as interfaces sem os constrangimentos de execução. Este trabalho visa contribuir de forma significativa para que a Interação Humano-Computador (IHC) envolvendo pessoas idosas possa ser completa e satisfatória, proporcionando conforto e segurança aos usuários. Um site, por meio da sua interface, deve facilitar as ações para a execução de comandos, dessa forma, as interfaces desenvolvidas para atender usuários idosos devem apresentar características peculiares abordadas neste trabalho de pesquisa, cuja metodologia consiste em uma revisão bibliográfica sobre o tema descrito, seguida de análise dos critérios ergonômicos e usabilidade das interfaces gráficas.

Palavras-chave: Interface Gráfica, Critérios Ergonômicos, Design Gráfico.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia evoluiu de um modo expressamente significativo nos últimos anos, contribuindo para o desenvolvimento de diversas áreas e assim, para a melhoria da vida por meio da facilitação das atividades do cotidiano. Entretanto, usuários idosos se deparam com muitas dificuldades ao lidar com a tecnologia, seja por meio do celular, computador ou mesmo um caixa eletrônico. Isso ocorre por variados fatores, que incluem: baixo nível de escolaridade, dificuldades provenientes da faixa etária, e interfaces gráficas complexas. Nesse contexto, o presente artigo traz resultados parciais de pesquisa desenvolvida em projeto de Iniciação Científica em nível médio e tem por objetivo apresentar uma revisão bibliográfica abordando estudos referentes aos critérios adequados ao desenvolvimento de interfaces voltadas para usuários idosos, visando a otimização da sua relação com os meios tecnológicos e, por consequência, com a sociedade contemporânea.

2 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste em uma revisão bibliográfica referente às interfaces apropriadas para a IHC de pessoas com idade acima de sessenta anos. A pesquisa, reservada para análise de estudos relacionados a este tema, priorizou a consulta a periódicos, artigos acadêmicos e científicos, publicados em congressos e citações relevantes.

Temas como interfaces gráficas, usabilidade para idosos, critérios ergonômicos e inclusão digital foram pesquisados para dar suporte a este artigo. Após pesquisa, foram filtrados trabalhos cujos títulos indicassem alguma relevância teórica referente ao tema aqui abordado, para assim, ser utilizado como base para realização dos estudos. Além dos artigos que seguiam os critérios estabelecidos acima, foram incluídos aqueles que exploravam a relação dos idosos com a tecnologia, enfatizando suas dificuldades para com as interfaces gráficas.

3 INTERFACE GRÁFICA

A interação entre o usuário e um programa de computador, por exemplo, dá-se através da interface gráfica. Com o constante desenvolvimento da tecnologia, as interfaces acabam por sofrer alterações, que as tornam mais customizadas conforme o público ao qual se destinam. Tais mudanças devem ser cautelosamente analisadas por seus desenvolvedores, pois estes têm a necessidade de considerar diversas circunstâncias ao projetar uma nova interface, para assim, permitir que a mesma seja desenvolvida com foco na qualidade e logo, no benefício do usuário.

O envelhecimento naturalmente pode promover limitações físicas e psicológicas, sendo que estes fatores problemas na interação do idoso com a nova tecnologia. Isto se deve ao fato de que algumas interfaces não consideram em seu design, as mudanças sensoriais, motoras e cognitivas que ocorrem no corpo humano quando este envelhece (BENOIT, 2009) VALLES,1995). Dessa forma, é necessário que as interfaces sejam projetadas em função das limitações dos seus usuários, com o propósito de evitar transtornos, fazendo com que o usuário idoso não tenha a sensação de inabilidade. Esse fator, que pode ser compreendido como falta de habilidade funcional e física, pode levar os idosos a não se sentirem capazes de usar as tecnologias, desmotivando-os ao uso.

Com frequência são encontradas interfaces que não fornecem ao internauta idoso uma fácil navegação, uma experiência agradável e amigável. Isso se deve ao fato da interface gráfica não seguir padrões que poderiam permitir uma melhor interação do idoso. Há meios que serviriam para otimizar essa interação, adequando os sites às limitações cognitivas, motoras e de aprendizagem. Entre estes meios está a diminuição das etapas à serem executadas em um processo para chegar em algum ponto específico no site. Murua (2010) sugere esconder as tarefas de baixo nível, evitando que o idoso tenha que tomar decisões desnecessárias e apresentar formas de condução do idoso em seu processo de decisão.

Para comprimir essas dificuldades o governo brasileiro definiu, no art. 7º da Lei nº 12.965, de abril de 2014, os direitos e garantias dos usuários.

IHC

Interação Humano-Computador (IHC) é um campo multidisciplinar no qual psicologia, design e outras ciências sociais unem-se com a ciência da computação e campos técnicos relacionados, com o objetivo de desenvolver sistemas de computadores eficientes que são tanto úteis quanto usáveis (SANTOS, 2008). Dessa forma, a IHC busca minimizar as barreiras entre o usuário e o sistema oferecendo interfaces amigáveis, para que desta maneira sejam utilizadas com o menor esforço e maior satisfação.

Para Garbin (2010), a Interação/Interface Homem-Computador deve, dentre outras recomendações, ser flexível o suficiente para adequar-se aos diferentes tipos de usuários, uma vez que os sinais podem ser interpretados de maneiras muitas vezes diferentes ao mesmo tempo, com possibilidades de adaptação à evolução dos usuários durante seu processo de aprendizagem com o sistema. A medida que ocorre a interação, a sensação de inabilidade pode dar lugar à aprendizagem e satisfação.

4 IDOSOS E INCLUSÃO DIGITAL

A Organização Mundial de Saúde – OMS considera como idoso todo o indivíduo com idade igual ou superior a sessenta anos, quando então há necessidade da pessoa receber mais atenção, diante das transformações fisiológicas que começam a se acentuar (SALES, 2002). A legislação brasileira adotou esse mesmo limite para definir a idade inicial do idoso, no art.2º, Lei 8.842, de 04.01.94.

O envelhecimento pode ser descrito como um processo ou um conjunto de processos que provoca alterações físicas e fisiológicas, inerente a todos os seres vivos, caracterizado pela diminuição da funcionalidade. À medida que as pessoas envelhecem, podem ocorrer inúmeras alterações nos sistemas sensoriais, o que pode indicar um grave problema no que trata da inserção da tecnologia no dia a dia do idoso.

A estrutura populacional do Brasil já passou por diversas mudanças. Em alguns períodos da história a taxa de natalidade estava alta, logo, a população jovem era maior que a de idosos. Mas atualmente, com a redução da taxa de natalidade e o aumento da expectativa de vida dos brasileiros, a população idosa tem-se expandido (gráfico 1).

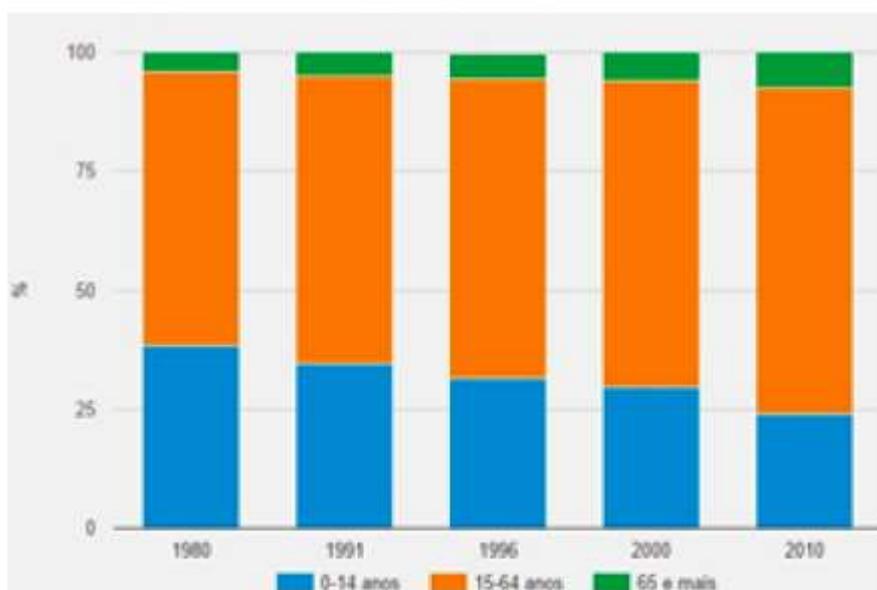


Gráfico 1 Y Distribuição da população por grandes grupos de idade no Brasil – 1980 a 2010.

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010.

No Brasil, a terceira idade é amparada pela Constituição e pelo Estatuto do Idoso. Este último lhes garante direitos diferenciados, já que reconhece que alguém em idade avançada possui peculiaridades em suas necessidades. Os problemas encontrados pelos idosos em utilizar a tecnologia é uma grande preocupação para o Estatuto do Idoso. A interação com os meios tecnológicos, para o público idoso,

resulta em uma maior autonomia. Em contrapartida, segundo Czaja e Lee (2007), a falta de acesso e da capacidade de usar a tecnologia cada vez mais colocará os idosos em desvantagem quanto à sua independência, no que tange o uso das novas tecnologias.

Os idosos estão sendo incentivados a aprender a usar o computador, para assim acessar a internet facilitando a comunicação entre os seus amigos e familiares, se manterem atualizados quanto aos acontecimentos no mundo e principalmente, conquistar independência. Contudo, o sucesso dessa interação irá depender do quão acessível é a interface gráfica dos sistemas. A Organização das Nações Unidas – ONU declara que a acessibilidade é o processo de conseguir a igualdade de oportunidades em todas as esferas da sociedade.

A acessibilidade digital permitiria ao usuário idoso sua participação na sociedade sem o auxílio de terceiros para realizar tarefas. Segundo a Michigan State University – MSU (2005), acessibilidade, no contexto da web, significa maximizar a capacidade de acessar informações, serviços e recursos por todos os usuários. A inclusão digital da população idosa na sociedade contemporânea colabora para a promoção da igualdade de oportunidades em relação ao acesso a diversas informações, que aprimoram a interação entre as pessoas e aumentam os seus conhecimentos buscando suscitar o aumento da qualidade de vida. Entre os argumentos sobre inclusão digital amparados pelo Governo Eletrônico, são destacados dois, por Gil (2006):

1. A toda população deve ser garantida o direito de acesso ao mundo digital, tanto no âmbito técnico/físico (sensibilização, contato e uso básico) quanto intelectual (educação, formação, geração de conhecimento, participação e criação)¹
2. As ações de inclusão digital devem promover a inclusão e a equiparação de oportunidades para todos, inclusive para pessoas idosas, com baixa escolaridade, com impedimentos ou limitações intelectuais ou mentais, físicas, sensoriais, motoras e/ou com mobilidade reduzida, pessoas com limitações temporárias, etc.

O investimento na agregação dos idosos nesse mundo cercado por inovações tecnológicas, fará com que esses usuários utilizem, de forma oportuna, as tecnologias. Por exemplo, a compra de remédios pode ser feita remotamente, livrando o idoso da locomoção desnecessária e acompanhada, evitando esquecimento. Outros benefícios também são inevitáveis como: a atividade mental, que pode ajudar o idoso tirando-o de uma rotina mentalmente prejudicial e as relações interpessoais, que minimizam o isolamento evitando até possíveis doenças.

A usabilidade assume certa importância nos últimos tempos, pois, em função da inclusão digital, uma avalanche de usuários novos ingressa à rede, principalmente idosos que estão em fuga das dificuldades de locomoção, violência urbana e espaços públicos malcuidados (ROSA e MORAES, 2008).

5 USABILIDADE

Segundo o padrão normativo da ABNT, ISO 9241-11, usabilidade é a medida na qual um produto ou sistema pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação, em um contexto específico de uso. Para alguém cuja faixa etária traz dificuldades, utilizar o computador pode revelar-se uma tarefa desconfortante.

Os idosos possuem algumas limitações, principalmente, na visão, que fazem com que sua navegação, seja mais lenta. Outras limitações acompanhadas da inacessibilidade das interfaces acabam dificultando ou impossibilitando a navegação no mesmo, assim, causando uma exclusão digital.

Além da diminuição da visão, os idosos têm que lidar com alguns impedimentos causados pela coordenação motora já prejudicada pela idade, as falhas da memória e uma branda dificuldade no aprendizado. Em consequência de tais fatos, é necessária a apresentação de interfaces que possuam certos requisitos adequados para usuários idosos.

É comum interfaces apresentarem tipografias e cores que não são apropriadas para a compreensão rápida. Fontes pequenas, cores cuja associação compromete a legibilidade todos esses aspectos são obstáculos para os internautas da terceira idade. As características estéticas, quando aplicadas de maneira coerente, também podem fornecer ao desenvolvedor da interface meios para aumentar a usabilidade do usuário.

A forma e a cor são elementos básicos para a comunicação visual. Alguns dos efeitos da cor são: dar impacto ao receptor, criar ilusões ópticas, melhorar a legibilidade, identificar uma determinada categoria de produto (FARINA, 1986: 120Y125). As cores dos textos devem ser revisadas, levando em consideração o plano de fundo da interface, já que em algumas circunstâncias a leitura se torna quase impossível, pelo fato de as cores estarem em desequilíbrio.

O contraste de interfaces de usuário e o tamanho das fontes (i. e. tipos de letras) podem ser aumentados para realçar melhor o conteúdo e facilitar a leitura. Um outro recurso que pode facilitar é a tela por toque que, segundo Filho (2007), dá a sensação ao usuário de controle sobre a aplicação com a qual ele interage. E o mais importante de tudo: simplicidade. Quanto menos detalhes, melhor.

Quão menor for a quantidade de recursos disponíveis na aplicação, mais intuitiva ela será e, portanto, mais facilitado será seu uso (FILHO, 2007).

A simplicidade de uma interface é essencial para a compreensão da estrutura do site. A interface deve facilitar as ações do usuário para a execução de comandos. Para atingir estes objetivos, os desenvolvedores de interfaces devem testá-las não apenas entre os desenvolvedores, mas com os usuários idosos. Dessa maneira, será possível a reparação de irregularidades na interface (PRATES e BARBOSA, 2003).

Os ícones são uma forma de agilizar a busca do usuário na internet. Esse recurso é muito útil para poupar o internauta em relação a leitura, pois se os ícones não fossem utilizados haveriam palavras/textos em seus lugares. Logo, tal opção, ao representar um comando por meio de um símbolo, simplifica a estrutura visual da interface. Todavia, esta opção deve ser analisada detalhadamente, pois a representação de um comando de maneira errada, impedirá a execução da seleção pretendida, prejudicando o usuário idoso. Convém ressaltar que os usuários idosos não têm a mesma capacidade de interpretar alguns ícones que outros internautas, visto diferenças no referencial e no repertório.

Para Hawthorn (2005) o design adequado para atender às necessidades de idosos deve obedecer a algumas regras, tais como fontes grandes, contraste forte entre texto e fundo e estrutura de texto simples. Deve-se, entretanto, observar para que as modificações não limitem a interatividade. As modificações devem adequar e não, limitar as possibilidades de uso de um sistema. Ziefle et al. (2007) constataram que a idade é um fator que influencia negativamente no uso de *hiperlinks*. É importante que diferentes alterações na cognição dos idosos sejam consideradas.

6 ERGONOMIA COGNITIVA E CRITÉRIOS ERGONÔMICOS

A Associação Internacional de Ergonomia – IEA, define ergonomia como uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema. Possui três domínios de especialização: ergonomia física, cognitiva e organizacional. A ergonomia cognitiva está relacionada aos processos mentais, tais como percepção, memória, raciocínio e resposta motora conforme afetem as interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema. Logo, demonstra sua utilidade no que tange à usabilidade das interfaces,

prevenindo as consequências dos erros e estabelecendo o desenvolvimento de interfaces eficientes, que seguem padrões que asseguram a acessibilidade do usuário idoso.

Os desenvolvedores de interfaces devem projetá-las baseando-se na ergonomia cognitiva. Dul e Weerdmeester (2012) concluem que o olho humano é capaz de perceber simultaneamente uma grande quantidade de informações. Deste modo, essas informações devem ser apresentadas de forma adequada à capacidade de percepção dos olhos.

As recomendações que possibilitam o desenvolvimento de interfaces de modo que estas sejam adequadas para usuários idosos, incluem:

- Evitar textos com todas as letras maiúsculas e confusão entre letras. Em um texto contínuo, as letras minúsculas são melhores que as maiúsculas. E, há letras que possuem certa semelhança com outras e isso pode causar confusão.
- Usar tipos de letras simples. Fontes, caracteres mais simples, facilitam a legibilidade, portanto, a fonte deve abdicar de enfeites. Segundo Dul e Weerdmeester (2012) para os títulos principais, um tipo sem serifa é preferível à letras com serifas. Serifa é um pequeno traço que aparece perpendicularmente nas terminações das letras.
- As letras devem ter o tamanho adequado. A distância de leitura influencia no tamanho para as letras. Toma-se como regra prática o tamanho das letras maiúsculas com ao menos 1/200 da distância da leitura. Por exemplo, na tela do computador, as letras maiúsculas devem ter pelo menos 3mm de altura (Dul e Weerdmeester, 2012: 57Y73).
- As linhas longas exigem maior espaçamento entre elas. O espaçamento entre as linhas irá depender das mesmas, mais precisamente, do seu comprimento. Se as linhas estiverem muito próximas umas das outras, os olhos encontraram dificuldades para segui-las do começo ao fim, podendo embaralhá-las.
- Um bom contraste irá ajudar na legibilidade. A diferença de brilho entre o fundo e a figura é denominada contraste. O contraste é extremamente importante no desenvolvimento da interface, pois caso este não seja apropriado, a navegação do usuário idosos se tornará muito desagradável. A tela com fundo claro é a mais indicada, já que reduz o incômodo causado pelas oscilações da imagem.

- Produzir gráficos de fácil entendimento. Os gráficos podem ser usados para ilustrar um texto ou até mesmo para substituí-lo (Dul e Weerdmeester, 2012: 57Y73). Para a melhor compreensão dos gráficos, estes devem ser simples.

Há um diálogo constante entre sistema e usuários. E, por haver essa contínua troca de informações a eficiência do diálogo irá necessitar da usabilidade desse sistema.

Para que as operações se tornem satisfatórias e eficientes, podem ser elaboradas determinadas recomendações como:

- Diálogo compatível com a tarefa, aquele que permite ao usuário alcançar o objetivo de forma efetiva e eficiente. Como exemplo temos que o sistema deve apresentar ao usuário apenas os conceitos relacionados às atividades do mesmo no contexto da tarefa em execução.
- Diálogo sustentável, ocorre quando o sistema fornece, a cada passo, uma resposta, retorno (feedback) de informações ao usuário. Por exemplo: o usuário deve ser imediatamente informado quando um erro surgir e, se possível, deve ser proposto alternativas para a correção do erro.
- Diálogo controlável, é assim considerado quando o usuário tem possibilidade de direcionar o curso das interações até que o objetivo seja atingido (Dul e Weerdmeester, 2012, 57Y73). Para idosos, esse tipo de diálogo é útil em operações na qual o mesmo poderá controlar a velocidade da operação.
- Diálogo adaptável aos usuários, dá-se quando o sistema permite alterações para, assim, se adaptar ao nível de conhecimento e necessidades do usuário. Esse diálogo oferece ao usuário idoso a opção de incluir seu vocabulário para designar objetos ou ações.

2. Controle explícito diz respeito tanto ao processamento explícito pelo sistema das ações do usuário, quanto do controle que os usuários têm sobre o processamento de suas ações pelo sistema.

3. Adaptabilidade de um sistema diz respeito à sua capacidade de reagir conforme o contexto e conforme as necessidades e preferências do usuário.

4. Carga de trabalho está relacionada a todos elementos da interface que têm um

5. Homogeneidade/coerência (Consistência), refere-se à forma na qual as escolhas na concepção da interface (códigos, denominações, formatos, procedimentos, etc.) são conservadas idênticas em contextos idênticos e diferentes para contextos diferentes.

Dominique Scapin e Christian Bastien, dois pesquisadores ligados ao Institute Nacional de Recherche em Informatique et em Automatique da França – INRIA, através de seus estudos, desenvolveram os critérios ergonômicos, um conjunto de qualidades ergonômicas recomendados para interfaces gráficas. O conjunto é composto por oito critérios ergonômicos seguidos de subcritérios (LabiUtil, 2003) comentados a seguir:

Há quatro subcritérios dentro deste: presteza, agrupamento/distinção entre itens, feedback imediato e legibilidade. Pode-se observar que o critério de condução seria útil em uma avaliação de usabilidade de um site, mostrando a facilidade ou dificuldade que um usuário idoso teria que enfrentar.

Este critério possui dois subcritérios: ações explícitas do usuário e controle do usuário. Para um usuário idoso, o maior controle sobre o sistema pode evitar erros e interpretações ambíguas na entrada de dados.

A flexibilidade e a consideração da experiência do usuário, são tidas como subcritérios da adaptabilidade. No caso de usuários idosos é muito importante que seja possível a qualquer momento desfazer a ação, de forma simples e explícita. papel importante na redução da carga cognitiva e perceptiva do usuário, e no aumento da eficiência do diálogo.

Este se subdivide em: brevidade que, por sua vez, inclui concisão e ações mínimas¹ e densidade informacional. Esse critério mostra que a probabilidade de cometer erros se torna maior quando a carga de trabalho cognitivo é elevada ou quando o usuário é distraído por informações desnecessárias. Evidenciando a importância da Gestão de erros, que se refere a todos os mecanismos que permitem evitar ou reduzir a ocorrência de erros, e quando eles ocorrem, que favoreçam sua correção. Os erros são considerados como entrada de dados incorretos, entre outros. Três subcritérios participam da gestão de erros: proteção contra os erros¹ qualidade das mensagens de erro e correção dos erros. A gestão de erros é um critério voltado para o desenvolvedor da interface.

6. Significado dos códigos e denominações diz respeito a adequação entre o objeto ou a informação apresentada ou pedida, e sua referência.

7. Compatibilidade refere-se aos acordos que possam existir entre as características

Esse critério é relevante para as pessoas que estão projetando um site. Pois, por exemplo, se houver falta de homogeneidade na barra de opções, a procura por algo pode aumentar o tempo significativamente.

O critério acima ressalta que os códigos e denominações expressivas possuem uma relação semântica com seu referente. Desse modo, o usuário idoso pode ser conduzido a não cometer um determinado erro. do usuário (memória, percepção, idade, expectativas) e das tarefas, de uma parte, e a organização das saídas, das entradas e do diálogo de uma dada aplicação, de outra.

Este item possui grande importância para as interfaces voltadas para usuários idosos. O processo de interação em um site se torna mais eficaz para um idoso quando os procedimentos a serem cumpridos na realização de uma tarefa, são compatíveis com as suas necessidades. Podemos usar como exemplo os termos que são empregados em alguns sites. Estes devem ser familiares para os usuários, devem fazer parte do repertório dos idosos.

7 CONCLUSÃO

Os idosos vêm tentando sua inclusão nessa nova sociedade em que a interação entre as pessoas ocorre, principalmente, pela internet, em que muitas tarefas, que em outro período da História exigiriam a sua locomoção, atualmente são realizadas por meio de e-mails, pesquisas, enfim, cliques.

Uma interface, quando realmente segue os padrões ergonômicos e atende aos critérios de usabilidade, contribui de forma eficaz na inclusão digital de idosos, influenciando de forma positiva em suas vidas, conseqüentemente gerando a inclusão social. A inclusão digital também proporciona aos usuários idosos meios para que abandonem a rotina, que pode trazer aos mesmo problemas de saúde causados pelo isolamento ou pela atividade mental reduzida.

Considerando que o número de pessoas que alcançam a terceira idade está elevado, o número de internautas idosos, obviamente, também. A atividade deste público em sites de compras, de notícias e redes sociais está aumentando, apesar das dificuldades que esses usuários ainda enfrentam para usar tais ferramentas. Logo, devem ser tomadas medidas para otimizar a navegação desses usuários pela internet. Há normas que garantem a acessibilidade na internet e critérios para permitir que a inacessibilidade seja descartada, entretanto, talvez por desconhecimento dos desenvolvedores, inúmeros sites parecem declinar dos critérios ergonômicos durante a construção da sua interface. Nesse contexto, este trabalho vem contribuir com a otimização das interfaces, apresentando soluções para a melhor interação dos idosos com as novas tecnologias.

Os conceitos apresentados neste artigo são úteis ao servirem de suporte para o desenvolvimento de interfaces, haja vista que aplicando-se em um projeto os fundamentos de design universal e ergonomia, é possível diminuir o distanciamento entre o idoso e as novas tecnologias.

8 AGRADECIMENTO

À FAPEMA. Fundação de Amparo à Pesquisa e e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão

Ao Núcleo de Computação Aplicada (NCA) da Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

Ao DPPG do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA – Campus São Luís Monte Castelo.

À PRPGI do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA

Ao CNPq.

9 REFERÊNCIAS

ABERGO. O Que é Ergonomia. In: Home: Quem Somos.

<http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia>, 16/03/2017.

ABNT NBR ISO 9241Y11:201 Y Requisitos ergonômicos para o trabalho com dispositivos de interação visual Y Parte 11: Orientações sobre usabilidade, adoção da ISO 9241Y11:1998.

BENOÎT, O.1 MARC, K1 FEMAND, F.1 DIETER, F.1 MARTINE, H. 2009. UserYcentered activity

management system for elderly people: empowering older people with interactive technologies. In: Otjacques Benoit. 2009 3rd International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare.

CJAZA, Sara J.1 LEE, Chin Chin. 2007. The impact of aging on access to technology. In:

Universal Access in the Information Society, v.5, n.4: 341–349.

DUL, J.1 WEERDMEESTER, B. 2012. Informações e Operações. In: DUL, J.1 WEERDMEESTER, B. (Ed.) Ergonomia Prática: 57 – 73.

FARINA, Modesto.1986. Aplicação da cor em publicidade e promoção de vendas. In: FARINA, Modesto (Ed.) Psicodinâmica das Cores em Comunicação: 120Y125.

FILHO, Antonio Mendes da Silva. 2007. Design de Interfaces para Idosos. In: Revista Espaço Acadêmico, n. 77.

GARBIN, S. M. 2010. Estudo da Evolução das Interfaces HomemVComputador. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Paulo.

GIL, Marta. 2006. Políticas de Acessibilidade na Iberoamérica.

HAWTHORN, D. 2005. Training wheels for older users. ComputerVHuman Interaction Special Interest Group (CHISIG) of Australia.

IBGE. Distribuição da População por Grandes Grupos de Idade. In: Critérios Ergonômicos.

<<http://brasilemsintese.ibge.gov.br/populacao/distribuicaoYdaYpopulacaoYporYgrandesYgruposYdeYidade.html>>, 16/03/2017.

LABIUTIL. Critérios Ergonômicos para Avaliação de Interfaces HomemYComputador. In: Critérios Ergonômicos.<<http://www.labiutil.inf.ufsc.br/CriteriosErgonomicos/LabiUtil2003YCrit/100conduc.html>>, 16/03/2017.

MICHIGAN STATE UNIVERSITY. Web Accessibility: Breaking down barriers. In: Home.

<<http://www.msu.edu/webaccess>>, 17/03/2017.

MURUA. A.1 VALENCIA. X.1 CARRASCO, E.1 ZIMMERMANN. G.1 ROSA, B.1 BUND J.1

ALEXANDERSSON J. 2010. Universally Accessible TaskYBased User Interfaces. In: 12th IEEE International Conference eVHealth Networking Applications and Services (Healthcom).

PLANALTO. Lei nº 12.965, de abril de 2014. In: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011Y2014/2014/lei/l12965.htm>, 16/03/2017.

ROSA, José Guimarães Santa1 MORAES, Anamaria de. 2008. Avaliação de Projetos no Design de Interfaces.

SALES, Márcia Barros de. 2002. Desenvolvimento de um Checklist para a Avaliação de Acessibilidade da Web para Usuários Idosos. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SANTOS, A.P.O. 2008. Metodologias e Ferramentas para Avaliação da qualidade de Sistemas Web de Código Aberto com Respeito à Usabilidade. São Paulo.

VALLES, M.1 MANSO, F.1 ARREDONDO, M. T.1 DEL POZO, F. 1996. Multimodal environmental control system for elderly and disabled people. In: 18th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society: 516–517.

ZIEFLE, M. How younger and older adults master the usage of hyperlinks in small screen devices.

2007. In: Sigchi Conference on Human Factors in Computing Systems: 307–316.

Capítulo 25



10.37423/210504117

APLICAÇÃO DO MASP (QC STORY) NO CICLO BÁSICO DOS CURSOS DE ENGENHARIA DE UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO SUPERIOR

C. H. GONÇALVES

Escola de Minas - Universidade Federal de Ouro Preto

Paula M. M. PEREIRA

Escola de Minas - Universidade Federal de Ouro Preto

M. P. S. M. P. PALMIERI

Escola de Minas - Universidade Federal de Ouro Preto

W. L. V. SILVA

Escola de Minas - Universidade Federal de Ouro Preto

Z. A. S. SANTOS

Escola de Minas - Universidade Federal de Ouro Preto



Resumo: Os cursos de Engenharia da Universidade Federal de Ouro Preto, sempre tiveram alto índice de reprovação e desistências em seus ciclos básicos. Embora estes problemas já tenham sido detectados, há muitos anos, poucos estudos foram realizados para obtenção de dados que pudessem servir de reflexão sobre seus motivos e do preocupante crescimento dos mesmos em períodos recentes. Com a implantação do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI, que dentre outras premissas, impõe às instituições Públicas de Ensino Superior critérios específicos quanto a diminuição do número de reprovações e aumento do número de formandos em relação ao número de ingressos, verificou-se a necessidade da realização de estudos sobre o assunto. Este trabalho realiza uma análise da atual situação buscando a detecção de fatores que contribuem para as desistências e atrasos dos alunos nos cursos básicos da UFOP utilizando de ferramentas e técnicas da Qualidade, dentre elas o método de análise e solução de problemas, também conhecido como MASP, é a denominação do QC-Story. Analise esta que demonstrou como causas vários fatores como: desmotivação dos alunos, material didático de difícil acesso e entendimento, ambiente pouco apropriado, metodologia de ensino inadequada. O MASP foi aplicado até a fase de análise das causas, assim pôde-se gerar uma análise situacional. É necessário reduzir a média de reprovação para que seja possível atingir as metas do REUNI. Para tanto é necessário estender a análise para outros períodos e assim desenvolver um plano de ação eficaz.

Palavras-chave: Metodologia MASP ou QC Story, Ciclo básico de Engenharia, Ferramentas de qualidade, REUNI

1 INTRODUÇÃO

Toda Instituição de ensino tem a responsabilidade de proporcionar o desenvolvimento do conhecimento, a sua disseminação e as formas de aplicação deste. Para isto é necessário reavaliar a metodologia do ensino bem como suas diretrizes e ementas.

Em 2008 o governo federal criou o Reuni – Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais, com o objetivo de promover condições para o aumento do acesso e permanência na educação superior, no nível da graduação; pelo melhor aproveitamento da estrutura física e de recursos humanos existentes nas Universidades Federais. Todavia o aumento da quantidade de cursos e alunos nestas instituições e, a não reavaliação dos ciclos básicos, geram a possibilidade de comprometer os resultados da Universidade em relação à proposta do REUNI no que tange o acesso e permanência de alunos.

O MEC estabeleceu algumas metas na conclusão do REUNI, entre elas direcionamos as principais envolvidas neste projeto.

- Aumento de pelo menos 20% das vagas oferecidas – Criação de novos cursos e o aumento das vagas dos cursos presenciais já existentes;
 - Diminuição da evasão – Pelo menos 90% dos estudantes ingressos formando em tempo regular além da ocupação das vagas ociosas;

Entretanto com relação à diminuição da evasão e à meta de conclusão de curso de pelo menos 90% dos estudantes ingressos, pouco foi discutido até o momento. O objetivo deste estudo foi verificar a contribuição do MASP para a correta definição dos problemas e garantia de uma análise eficaz no ciclo básico das engenharias em uma IES federal situada em Minas Gerais.

A pesquisa foi de cunho qualitativo utilizando análise documental para levantamento de dados históricos. Caracterizou-se como bibliográfica, em função da fundamentação teórica sobre o MASP e pesquisa de campo por ter utilizado questionários semiestruturados para coletar dados relativos à visão de alunos, professores e técnicos administrativos e coordenadores dos cursos. Para tanto foi utilizada a Metodologia de Análise e Solução de Problemas – MASP. MASP (método de análise e soluções de problemas) ou QC Story é apresentado como uma metodologia que fornece uma base concreta para a identificação de problemas dentro dos processos e a correta atribuição de causas a cada problema, gerando um plano de ação que pode agir sobre esta causa de maneira a bloqueá-la ou amenizá-la (HOSKEN, 2005). Ele procura encontrar respostas tais como priorização do problema,

divisão do problema em partes que possam ser analisáveis e verificações das situações que necessitam de atenção. O objetivo desta metodologia é aumentar a probabilidade de resolver satisfatoriamente uma situação onde um problema tenha surgido. As etapas necessárias para a aplicação do MASP consistem na identificação do problema, observação, análise, criação de um plano de ação e sua posterior ação, verificação e padronização do mesmo, e por fim a conclusão (CAMPOS, 1992).

Segundo Paladini (1997), para a realização do ciclo MASP, utilizam-se algumas ferramentas e técnicas como: Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), Fluxograma, Folha de Verificação, Gráfico de Pareto, Brainstorming, Diagrama de Causa e Efeito.

O ciclo PDCA (planejamento, execução, verificação e ação) de controle pode ser utilizado para manter e melhorar as diretrizes de controle do processo. No sentido da manutenção do nível de controle do processo, o ciclo PDCA consta essencialmente do cumprimento de procedimentos padrão de operação. Já no sentido das melhorias do nível de controle, o ciclo consta de uma meta, que é um valor definido e de um método, que compreende aqueles procedimentos próprios necessários para se atingir a meta.

O ciclo PDCA é composto de quatro fases básicas:

- PLANEJAMENTO: consiste em estabelecer metas sobre os itens de controle e a maneira para se atingi-las.
- EXECUÇÃO: consiste na execução das tarefas exatamente como prevista no plano de coleta de dados para verificação do processo.
- VERIFICAÇÃO: consiste na comparação dos dados coletados na fase anterior com o resultado alcançado com a meta planejada.
- AÇÃO: após a detecção dos desvios, esta etapa atuará no sentido de fazer correções definitivas de tal modo que o problema nunca volte a ocorrer.

Folhas de verificação

É um dispositivo utilizado para organizar a coletar dados, estruturados de acordo com a necessidade específica da situação, sendo assim de grande flexibilidade de elaboração, utilização e interpretação.

Gráfico de Pareto

É uma ferramenta útil para estratificar os problemas e prioriza-los, verificando a relação percentual entre os mesmos.

Brainstorming

O Brainstorming (tempestade de ideias) é uma técnica de trabalho em equipe que permite, com rapidez e eficiência, que o grupo de partes interessadas reunidas gere, esclare e avalie uma lista considerável de ideias, problemas, temas, processos, entre outros.

Diagrama de Causa e Efeito

Mostra a relação entre um conjunto de causas (processos) que provoca um ou mais efeitos. É uma forma organizada de correlacionar o efeito com suas causas, agrupando-as em “famílias de causas”, tais como: Matérias-Primas, Máquinas, Mão de Obra, Medida, Método e Meio Ambiente.

2 PROCESSO METODOLÓGICO

O estudo apresentado baseou-se em fundamentar a utilização do MASP, suas técnicas e soluções, utilizando-se como primeira etapa a identificação do problema. Nesta etapa verificam-se quais as matérias do ciclo básico possuem maior índice de desistência e reprovação dos alunos nos cursos de Engenharia da instituição estudada e que acarretam em atraso na conclusão dos alunos nos respectivos cursos.

Foram aplicadas algumas ferramentas para detecção e análise dos problemas. Entre estas um Brainstorming com alunos, professores e técnicos administrativos. Com o resultado da técnica Brainstorming foi possível discutir quais disciplinas comprometem o desempenho dos alunos e o motivo. Como cita Falconi (1992), à medida que o problema inicial for sendo dividido em outros problemas menores, cada um destes “novos” problemas passam a ser tratados da mesma maneira no método até que se tenham problemas suficientemente pequenos para serem resolvidos.

Na pesquisa de campo utilizou-se como instrumento o questionário semiestruturado. A amostra foi aleatória e contemplou alunos de Engenharia da instituição. Foram considerados alunos do primeiro semestre de 2007 até o segundo semestre de 2008, totalizando quatro turmas. Responderam ao questionário uma média de cinco alunos por turma de cada curso: Engenharia Ambiental, Engenharia Civil, Engenharia de Controle e Automação, Engenharia de Minas, Engenharia de Produção, Engenharia Metalúrgica e Engenharia Geológica.

No questionário aplicado, os alunos deveriam classificar, de acordo com seu grau de satisfação as disciplinas do Ciclo Básico comuns a todos os cursos de Engenharia a partir de critérios como a qualidade de cada disciplina, a infraestrutura física e didático-pedagógicas oferecidas para cada

disciplina, a metodologia de ensino utilizada pelos professores e instrumentos de avaliação em cada disciplina. Outras perguntas analisadas diziam respeito à preocupação dos professores quanto ao desempenho dos alunos em suas disciplinas e se os alunos se sentiam aptos a cursar as disciplinas específicas, ciclo profissionalizante, de seu curso após terem cursado as disciplinas do Ciclo Básico. Desta forma, foram identificados, observados e analisados os reais problemas existentes no ciclo básico de engenharia. Aplicou-se a folha de verificação para quantificar o índice de reprovação dos alunos por curso. Em seguida, foi plotado o gráfico de Pareto para a estratificação dos problemas observados e teve-se como resultado a análise percentual. A partir da análise percentual foi possível priorizar os principais problemas e aplicar o diagrama de causa e efeito. A análise do diagrama de causa e efeito gerou o diagnóstico e possibilitou uma reflexão sobre as principais causas que levam ao aumento do índice de reprovação no ciclo básico dos cursos de engenharia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da utilização das ferramentas e técnicas previstas no MASP, foi possível refletir sobre os desafios encontrados pelas Instituições Federais de Ensino Superior para atender às premissas do REUNI, no que tange o ciclo básico das engenharias. Embora a Pró-Reitoria tenha disponibilizado os dados referentes ao 1º e 2º semestre de 2010, utilizou-se para fins de discussão apenas os dados do segundo semestre de 2010.

A “Tabela 1” ilustra a quantidade de alunos matriculados, aprovados, reprovados por nota, reprovados por falta, e que trancaram matrícula no segundo semestre de 2010.

Tabela 1: quantidade de alunos matriculados, aprovados, reprovados por nota, reprovados por falta, e que trancaram matrícula no segundo semestre de 2010.

Matéria	Matriculados	Aprovados	Rep. por Nota	Rep. por Falta	Trancaram
Calculo I	375	224	83	63	5
Calculo II	399	260	53	48	38
Física I	329	210	69	22	28
Física II	255	174	50	24	7

Com base no “Figura 1” foi possível identificar que do total de alunos matriculados no semestre de 2010/2 nas disciplinas Cálculo I, Cálculo II, Física I e Física II um número expressivo reprovou por nota. Por exemplo em Cálculo I de 375 alunos matriculados 83 foram reprovados, o que representa 22%. Já

a disciplina Cálculo II matriculou 399 e reprovou 53, o que representa 14%. Nas disciplinas Física I e II 329 e 255 alunos e reprovados 69 e 50. As físicas tiveram um percentual de reprovação de 21% e 20%.

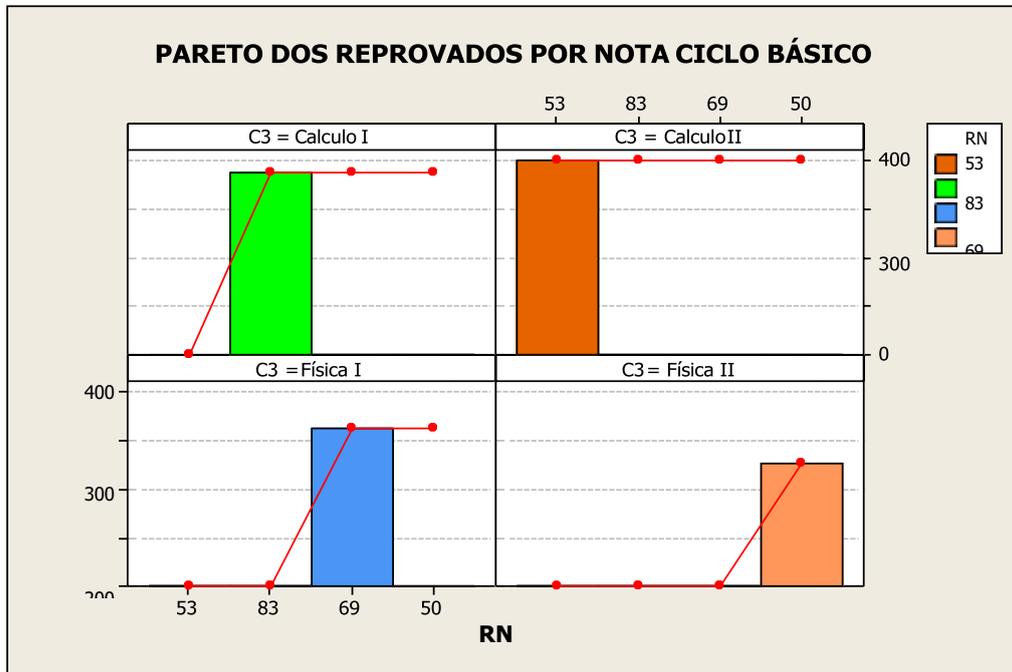


Figura 1: Gráfico de Pareto alunos reprovados por nota em relação ao número de matriculados no segundo semestre 2010.

A “Figura 2” apresenta a relação causa e efeito das reprovações por nota analisadas a partir da pesquisa de campo, conforme procedimento metodológico adotado e análise documental. Em relação à pessoas percebe-se desmotivação por parte dos alunos. Em relação à material foi possível concluir que o material didático pode ser uma das causas. Quanto à medida destaca-se a falta de análise de desempenho para docentes. O ambiente foi considerado desmotivador. Quanto ao método o destaque foi para a metodologia de ensino que pode contribuir para reduzir a motivação do aluno e gerar a reprovação.

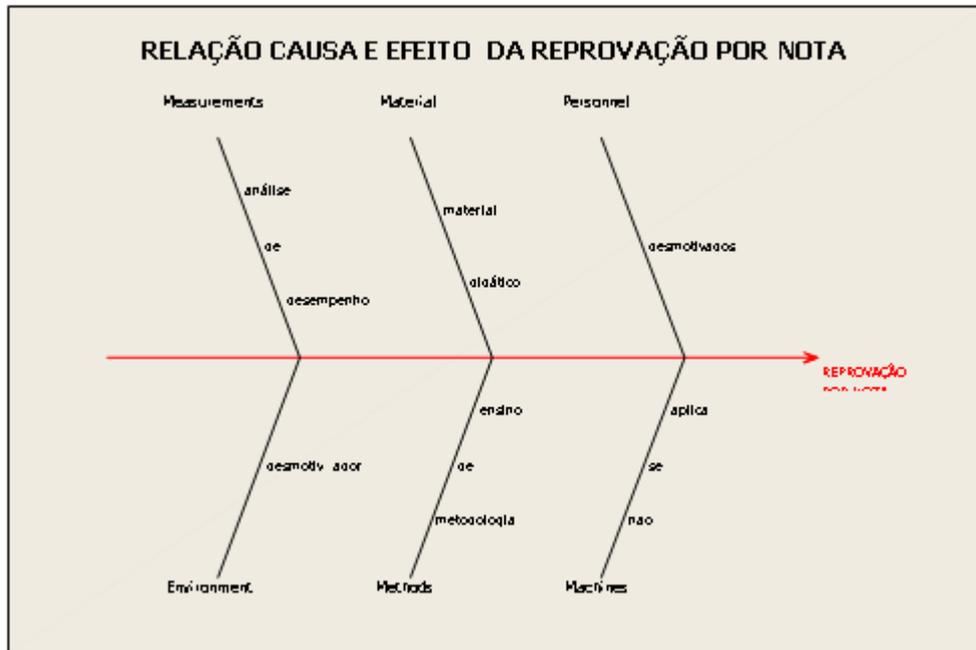


Figura 2: Diagrama de causa e efeito das reprovações por nota nas disciplinas do ciclo básico de engenharia

Na “Figura 3” é possível visualizar distribuição do número de alunos reprovados por falta. A média de alunos reprovados por falta foi de 39,25% no segundo semestre de 2010. O desvio padrão foi de 19,75%, o que demonstra uma variância expressiva na reprovação por falta nas disciplinas objeto do estudo. Cabe refletir nos motivos que levam os alunos a se ausentarem das aulas até chegar à reprovação.

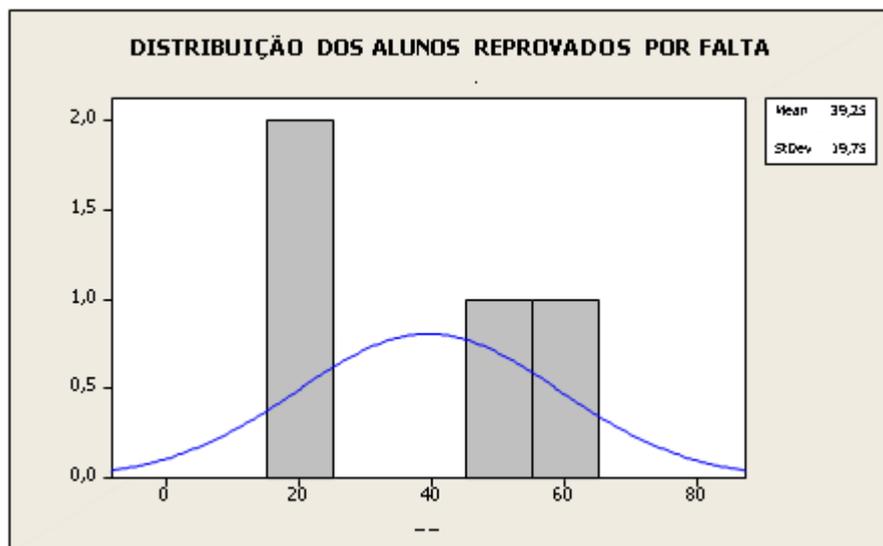


Figura 3: Histograma dos alunos reprovados por nota no segundo semestre de 2010 nas disciplinas do ciclo básico.

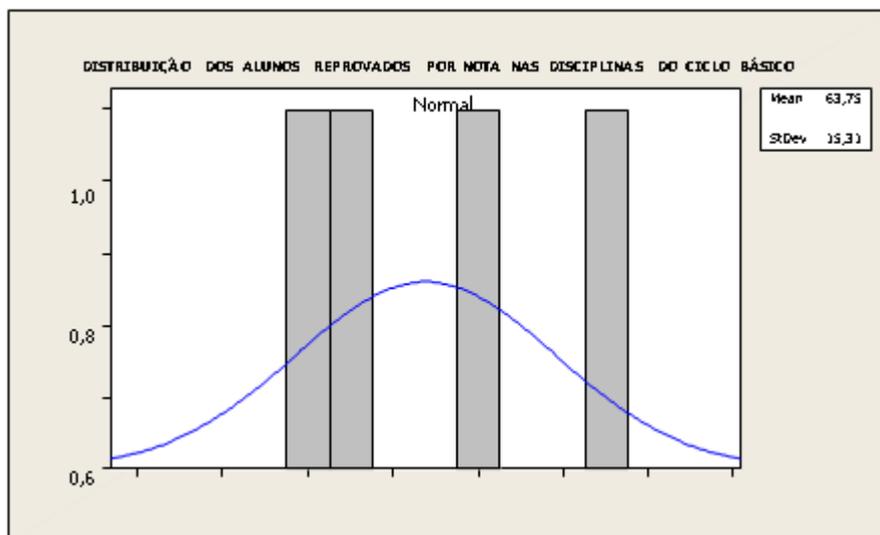


Figura 4: Histograma dos alunos reprovados por falta nas disciplinas do ciclo básico

A “Figura 4” apresenta a distribuição da quantidade de alunos reprovados por nota e demonstra a média de 63,75% e desvio padrão de 15,31% nas quatro disciplinas objeto do estudo. A média de alunos reprovados por nota pode ser considerada alta e com desvio padrão demonstrando uma variação expressiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a aplicação do método de análise e solução de problemas foi possível demonstrar que o índice de reprovação no ciclo básico possui uma média alta. Várias hipóteses podem ser consideradas. Um indicador pode ser a qualidade do ensino médio e fundamental. Outro indicador pode estar relacionado à metodologia de ensino e os métodos de avaliação. A motivação dos alunos em relação ao conteúdo lecionado e a aplicabilidade também pode ser considerada um indicador. O MASP foi aplicado até a fase de análise das causas. Dessa forma pôde-se gerar uma análise situacional de quatro das disciplinas lecionadas no ciclo básico no segundo semestre de 2010. É necessário reduzir a média de reprovação para que seja possível atingir as metas do REUNI. Para tanto é necessário estender a análise para outros períodos e assim desenvolver um plano de ação eficaz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, Vicente Falconi – TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). 2º ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

HOSKEN, Márcio José de Campos, Produzindo e Montando sua Qualidade. 2ª ed., 2005. PALADINI, Edson Pacheco. Qualidade Total na Prática – Implantação e avaliação de sistemas de qualidade total. São Paulo: Atlas, 1997.

SALVIATO, Silvino, Uma Metodologia de Solução de Problemas com Enfoque na Aprendizagem Organizacional: Um estudo de caso aplicado no BESC. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Santa Catarina, 1999.

Capítulo 26



10.37423/210504119

A GESTÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NOS CURRÍCULOS DAS ENGENHARIAS AGRÍCOLA, AMBIENTAL E SANITÁRIA, EM INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR DO BRASIL

Valéria Cristina Palmeira Zago

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Elizabeth Regina Halfeld da Costa

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Carmem Eliza Aparecida de Oliveira Malta

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Téspis Nascimento Marangoni

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Raphael Tobias de Vasconcelos Barros

Universidade Federal de Minas Gerais



Resumo: Para que a sociedade altere sua percepção sobre os resíduos sólidos e passe a entender seu potencial como “recurso”, deve-se ter uma preocupação maior com a formação dos futuros profissionais que atuarão na área. Segundo as normativas regulamentares de atuação profissionais, a gestão de resíduos faz parte das atribuições dos engenheiros; desta forma, os cursos de graduação devem dar a devida relevância a essa temática. Esta pesquisa foi realizada por meio de comparação entre os projetos pedagógicos, ementas e/ou conteúdos programáticos de cursos de Engenharia Civil, Engenharia Ambiental, Engenharia Ambiental e Sanitária, Engenharia Agrícola e Sanitária e correlatas, das Instituições Federais de Ensino Superior do Brasil, com o objetivo de verificar a inserção da temática gestão dos resíduos orgânicos nos seus currículos. Observou-se que 100% das “Engenharias Ambiental”, “Agrícola e Ambiental” e “Ambiental e Sanitária” apresentaram uma disciplina específica para abordar a gestão e/ou gerenciamento de resíduos sólidos. Apesar disso, um percentual muito baixo das suas ementas e conteúdos programáticos apresenta o conteúdo específico sobre a gestão de orgânicos e suas tecnologias, enquanto que apenas 50% dos cursos de Engenharia Civil pesquisados possuem uma disciplina específica para abordar a gestão de resíduos em geral, sendo por vezes optativa. A carga horária de cada tema, sendo uma definição pessoal do professor, deve estar associada a circunstâncias locais reais. Portanto, é necessário que, em oportunas revisões dos projetos pedagógicos dos cursos de Engenharia Civil, dê-se maior ênfase à gestão de resíduos sólidos e, nas Engenharias Ambientais, à gestão de resíduos orgânicos e suas tecnologias.

Palavras-chave: gestão de resíduos sólidos orgânicos, currículos, compostagem, biodigestão anaeróbica, biometanização.

1 INTRODUÇÃO

Se a problemática dos resíduos sólidos (RS) já faz parte de algumas pautas políticas no Brasil (depois de 10 anos da lei federal que estabelece a política nacional – PNRS, 2010), o preparo da população em geral para fazer frente a esta questão precisa ser reforçado constantemente. Constatam-se também problemas entre os gestores públicos – de modo geral, despreparados para seus cargos, e menos ainda no que concerne às preocupações ambientais, onde as questões dos RS deveriam se encaixar – e mesmo entre os responsáveis pelo assunto, que ainda veem a disposição em aterros sanitários como solução. Este entendimento parcial da questão leva a uma dedicação inferior à necessária, diminuindo a atenção que ela merece e comprometendo a eficiência das iniciativas.

Infelizmente, ainda predominam na sociedade em geral, as observações feitas por McDougall et al. (2008), nas quais esclareciam que as percepções da sociedade em relação ao lixo ao longo do tempo são associadas à inutilidade e incômodo, fazendo-se necessário afastá-lo para áreas distantes de seu ambiente habitual, especialmente aqueles que se decompõem rapidamente, podendo gerar odor e atrair insetos e roedores.

O ambiente acadêmico, por sua vez, pode e deve priorizar as boas práticas de gestão de resíduos e de recursos naturais tanto no ensino-pesquisa e extensão, quanto nas atividades de cunho administrativo. Shiel et al. (2016) reiteram que, para desenvolver a capacidade construtiva do desenvolvimento sustentável, são necessários esforços substanciais para reforçar as responsabilidades da educação superior – incorporando a ideia de sustentabilidade através das universidades (*campi, curricula, comunidade*) e com engajamento do *staff* acadêmico. Bringhenti et al. (2018) sugerem também que, como “as Instituições de Ensino Superior (IES) possuem papel de destaque no processo de desenvolvimento tecnológico, (...) deveriam participar de forma mais efetiva na construção e no desenvolvimento de uma sociedade sustentável e justa”.

Ademais, para que a sociedade altere a sua percepção sobre os RS e passe a entender o seu potencial como “recurso” - a ser aproveitado -, deve-se ter uma preocupação maior com a formação dos futuros profissionais que atuam e atuarão na área. Segundo as normativas regulamentares de atuação profissional, essas são em grande parte atribuições dos engenheiros (CREA-PR, 2014). Desta forma, em particular os cursos de graduação em engenharia devem dar a devida relevância à gestão de RS.

A dinâmica da gestão exige conhecimentos mínimos, a serem permanentemente atualizados, obtidos de modo informal – em campanhas permanentes de educação e de conscientização - mas também

nos currículos escolares de todos os níveis. Um exame da formação dos profissionais de nível superior, na(s) área(s) de engenharia que têm relação com o tema, poderá evidenciar qual a importância lhe é acordada e, portanto, qual é a possibilidade de contribuição mais efetiva para minorar os problemas daí advindos.

Entre os RS domésticos gerados, os orgânicos correspondem a mais de 50% no país (TASSINARI, 2020) e não têm tido a merecida atenção. Quantidades enormes deles, com altíssimo potencial de reaproveitamento – de maneira fácil, via compostagem ou biodigestão – são meramente dispostas em aterros sanitários ou ainda, em aterros controlados e lixões, provocando significativos impactos ambientais negativos. Num processo imprescindível de manutenção da qualidade do ambiente urbano, a compostagem, por ser uma tecnologia simples e de baixo custo, se mostra como alternativa absolutamente fundamental para uma gestão sustentável de RS e que gera, como produto final, um fertilizante natural e excelente condicionador do solo. A compostagem é recomendada na PNRS, dentre as destinações finais ambientalmente adequadas dos resíduos.

A discussão sobre a gestão de RS é oportuna e necessária dentro dos currículos de formação profissional dos engenheiros, de forma a dar fundamentação teórica, incluindo conhecimento sobre as tecnologias já disponíveis, de modo a terem uma atuação efetiva e inovadora em dar respostas aos problemas socioambientais, uma vez inseridos no mercado de trabalho.

2 OBJETIVO

Analisar, a partir das ementas e conteúdos programáticos de ensino dos cursos de Engenharias Civil, Ambiental, Agrícola e Ambiental, Ambiental e Sanitária, de instituições federais de ensino superior, a inserção da gestão de resíduos sólidos orgânicos e suas tecnologias.

3 METODOLOGIA

O presente estudo consiste de um levantamento com objetivo exploratório-descritivo e de abordagem quali-quantitativa, valendo-se de pesquisa bibliográfica e documental, realizada a partir da consulta nas páginas eletrônicas oficiais das universidades federais, dos Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFETs) e dos Institutos Federais de Educação Superior (IFs). Foram levantados e examinados, no período de abril a maio de 2020, os documentos pedagógicos daqueles cursos de engenharia disponíveis na *internet*.

Foram construídas planilhas usando o *software* “Excel” (Microsoft Office), sistematizando as seguintes informações de cada curso das engenharias Civil e Ambiental (e suas variações): unidade federativa, instituição, curso, data de criação, disciplina, período em que a disciplina é oferecida, ementa/conteúdo programático, presença dos conteúdos (“gestão de resíduos orgânicos”, “compostagem”, “biometanização” e “digestão anaeróbica”).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram consultadas as páginas eletrônicas de 67 universidades federais, 34 Institutos Federais (IF) e os dois Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFET), sendo obtidas informações de 145 cursos de Engenharias Civil, Agrícola, Ambiental, Ambiental e Sanitária/Sanitária e Ambiental existentes em 62 Universidades Federais, 19 IFs e dois CEFETs, presentes nas 27 unidades federativas do país (Tabela 1).

Tabela 1: Quantidade de cursos de Engenharias pesquisados, distribuídos nas Instituições Federais de Ensino Superior em 2020, e quantidade de cursos relatados pelo Ministério da Educação (*)

Cursos	Universidades	IFs	CEFETs
Eng. Civil / Eng. Produção Civil	58 (90)	19 (57)	4 (4)
Eng. Agrícola e Ambiental	10 (21)	0 (4)	0
Eng. Ambiental**	25 (32)	2 (8)	1 (1)
Eng. Ambiental e Sanitária/Eng. Sanitária e Ambiental	21 (26)	5 (3)	1 (1)
Total	114 (169)	26 (72)	5(5)

*entre parênteses, vê-se o número de cursos relatados pelo Ministério da Educação, conforme o documento oficial “Sinopse estatística da educação superior”, para cursos presenciais em 2018 (ME, 2020)

** inclui Eng. Ambiental e Sustentabilidade; Eng. Ambiental e Energias Renováveis; Eng. Ambiental e Urbana

As universidades possuem um número mais expressivo para todos os cursos abordados quando comparado aos dois outros modelos de instituição. Segundo dados do Ministério da Educação e da Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica, até o final de 2008 existiam 33 CEFETs distribuídos pelo país, sendo que 31 deles foram transformados em IFETs pela lei nº 11.892/08 (OTRANTO, 2010). No início de 2020, existem 38 IFETs e apenas dois CEFETs, localizados em Minas Gerais e no Rio de Janeiro (ME, 2020).

Em relação aos cursos de engenharia avaliados, pode-se destacar também uma evidente e óbvia maior quantidade de cursos de Engenharia Civil. Quase metade destes foi criada antes de 1990; mais da

metade foi criada já neste século XXI. Nos anos 90, época de efervescência mundial da questão ambiental, apenas 2 cursos apareceram.

A ECO92 (Conferência sobre desenvolvimento e meio ambiente, realizada no Rio de Janeiro) impulsionou, no mundo e no Brasil, o surgimento e o fortalecimento de cursos na área ambiental. Aqui, o primeiro curso criado de Engenharia Ambiental foi o da Universidade de Federal de Tocantins (UFT), em 1992, sendo a área de Engenharia Ambiental oficializada pelo MEC na Portaria n. 1.693, de 05 de dezembro de 1994 (REIS et al., 2005).

O que se observa é que, naquele mesmo período, mais perto do final dos anos 90, houve um movimento de reformulação de currículos quando conceitos “ambientais” foram trazidos à discussão (GUERRA, FIGUEIREDO; 2014). No entanto, segundo Duhram (2003), considerada a autonomia universitária estabelecida pela LDB e pela própria CF/1988, cabe às Instituições de Ensino Superior (IES) fixar seus cursos e programas e deliberar sobre as estruturas curriculares dentro do que preconiza o Ministério da Educação (ME).

No caso da UFMG, chamou-se “inserção da componente ambiental” ao processo deflagrado então, onde os currículos das engenharias (naquele momento, havia 6; em 2020, são 11) passaram a abordar, ainda que com carga pequena e no ciclo básico, conceitos de preservação ambiental relacionados a seus campos de trabalho específicos. Em particular, ao curso de Engenharia Civil foi incorporada a disciplina “Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos”, com 30 h, no 5º período (curiosamente, é a menor carga horária de todas as universidades federais, junto com a UFOP. Por outro lado, a UFTPR tem duas disciplinas que totalizam 105 h, além de menção à gestão de RS na disciplina “gestão ambiental”, de 45 h. Em ambas UFMG e UFTPR, não há menção à compostagem nas ementas).

Em 2009, com a criação do curso de Engenharia Ambiental na UFMG, a disciplina correspondente “Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos” tem 45 h e também é oferecida no 5º período. Da mesma forma que na Engenharia Civil, tem como pré-requisitos disciplinas de cunho ambiental (dos tipos “introdução às ciências do ambiente” e “proteção ambiental”), e tampouco traz referência explícita aos resíduos orgânicos.

Por sua vez, no CEFET-MG, na Engenharia Ambiental e Sanitária, a disciplina “Gestão de Resíduos Sólidos”, com carga horária de 60 h e oferecida no 6º período, aborda em sua ementa, como conteúdo referente aos resíduos orgânicos, apenas a tecnologia da compostagem, não há menção sobre biodigestão ou biometanização. Para a Engenharia Civil, esta mesma disciplina é optativa.

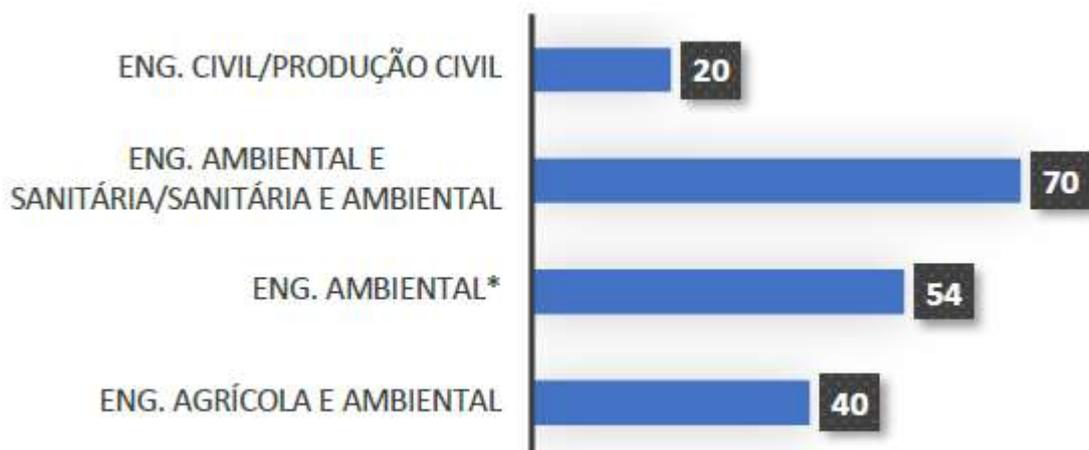
Nesse estudo, por exemplo, observou-se que a maioria das instituições pesquisadas tem a disciplina sobre gestão e/ou gerenciamento de RS (aqui denominada genericamente “GRS”) com carga variando de 30 h (por volta de 25% das disciplinas) a 60 h (em mais de 50% das disciplinas), chegando a 75 h. É em geral oferecida a partir do meio dos cursos (não antes do 5º período), até o 8º, e muitas vezes, especialmente nos cursos de Engenharia Civil, como disciplina optativa.

Ademais, observou-se que 100 % das Engenharia Ambiental, Engenharia Agrícola e Ambiental e Engenharia Ambiental e Sanitária apresentaram uma disciplina específica para abordar a GRS, enquanto que na Engenharia Civil apenas 50 % dos cursos pesquisados possuem uma disciplina específica (Gráfico 1). Nos demais, esse conteúdo é abordado dentro de outras disciplinas, como “Saneamento Básico” ou “Ciência do Ambiente”; porém, percebe-se que as ementas abordam também conteúdos sobre questões de água, esgoto e drenagem, sendo resíduos apenas um tópico. Evidentemente fica a critério de cada professor estabelecer a ponderação que dará aos diversos temas, distribuindo proporcionalmente o tempo a eles alocado.

Apesar de todos os cursos de Engenharias Agrícola e Ambiental, Engenharia Ambiental, Engenharia Ambiental e Sanitária, e Engenharia Sanitária e Ambiental possuírem em suas matrizes curriculares uma disciplina específica de GRS, nem todas as suas ementas e conteúdos programáticos apresentam o conteúdo específico sobre a gestão dos orgânicos e suas tecnologias. Por exemplo, o termo “biometanização” não apareceu em nenhuma ementa ou projeto pedagógico, enquanto que “biodigestão/biodigestores” apareceu apenas em nove cursos (este tema aparece em ementas relativas a esgoto). Já a compostagem é a tecnologia mais abordada nas ementas; porém está presente em menos de 30% dos cursos de Eng. Civil, enquanto que nas Eng. Ambiental, Eng. Agrícola esse percentual está entre 40 a 54% e, na Eng.

Ambiental e Sanitária/Sanitária e Ambiental, essa abordagem está presente em 70% das disciplinas da temática sobre RS (Gráfico 1).

Gráfico 1: Percentagem de ementas de disciplinas dos cursos de engenharias analisados que abordam o termo “compostagem”



* (inclui Engenharia Ambiental e Sustentabilidade, Eng. Ambiental e Energias Renováveis e Eng. Ambiental e Urbana)

É importante destacar que, de acordo com as ementas, em muitos cursos das engenharias avaliadas se dá ênfase meramente à questão do tratamento dos RS, deixando de considerar as demais etapas de uma verdadeira gestão, conforme sugerido já na Rio92, portanto antes de a maior parte das ementas terem sido definidas. Isto indica uma redução do conceito de gestão, em que se privilegia somente a parte final do processo, ignorando as lógicas da prevenção, da minimização e da reciclagem. Vale lembrar ademais que ainda predomina uma lógica *sanitarista* – que é muito boa, embora incompleta –, quando dever-se-ia ter uma perspectiva *ambiental* da gestão de RS, inserida num contexto bem mais amplo que a noção higienista.

Nos países desenvolvidos, uma outra óptica tem permeado a gestão de RS, que é a Economia Circular, objetivando otimizar os processos produtivos, através da valorização dos resíduos, reinserindo-os na cadeia produtiva como recursos (matéria prima e energia) (HAAS et al., 2015). Neste sentido, muitos países e cidades têm estabelecido restrições na disposição de materiais orgânicos em aterros sanitários, de maneira a buscarem formas eficazes para o tratamento da fração orgânica dos RSU, reconhecendo o seu papel como “recurso”, tanto para produção de fertilizante orgânico e/ou condicionador de solo e de metano, e reduzindo os impactos ambientais associados à sua disposição em aterros, como por exemplo, a emissão de gases de efeito estufa (GURAN et al., 2019). De acordo com Lombardi e Bailey (2015), as proibições de disposição dos resíduos orgânicos em aterros ajudam a alavancar a compostagem industrial, em maior escala. Essa realidade, já vivida em outros países, também chegará ao Brasil e os futuros engenheiros precisarão estar preparados.

A compostagem é, dentre as tecnologias disponíveis para reciclagem dos resíduos orgânicos, a mais simples, barata e pode ser adaptada a diferentes escalas (domiciliar até industrial). Salienta-se sua utilidade, por exemplo, no que tange à arborização urbana, que tem efeitos muito positivos sobre o ambiente das cidades: um dos casos emblemáticos é a Revolução dos Baldinhos, em Florianópolis (CEPAGRO, s/d).

Apesar da abordagem sobre a gestão de resíduos orgânicos nos currículos dos cursos estudados ser pouca, especialmente nos cursos de Eng. Civil, Eng. Ambiental e Eng. Agrícola, sabe-se que existem muitas iniciativas extracurriculares, envolvendo pesquisa e extensão nessa área. De acordo com Barros et al. (2019),

Embora ainda não se notem grandes iniciativas coletivas no Brasil no sentido da valorização dos resíduos orgânicos, dando-lhes os destinos mais adequados segundo suas próprias características naturais, algumas universidades tentam dar uma contribuição, implementando programas ou unidades de compostagem. Essas iniciativas têm relevância para a sociedade, especialmente por poder disseminar uma prática simples, barata e que possibilita um retorno ao ciclo produtivo dos nutrientes dos resíduos orgânicos, transformando-os em fertilizante orgânico e/ou condicionador do solo e mitigando impactos ambientais que sua disposição inadequada causaria (BARROS *et al.*, 2019).

Alguns exemplos de iniciativas no Brasil são amostras das tentativas isoladas, muita vez como resultado de esforço unicamente pessoal de professores/pesquisadores, para jogar luz sobre a questão. Um experimento feito pela UFV (em Viçosa, MG) teve como objetivos auxiliar na destinação final adequada do lixo orgânico por compostagem, divulgar desta prática, contribuir para a arborização do município e diminuir a distância entre conhecimento científico e sociedade (RIBEIRO et al., 2011). Para estes autores, a “eficaz solução para os principais problemas ambientais se dá apenas pela conscientização da população (...) oficinas vêm sendo oferecidas a alunos do ensino médio e técnico da comunidade”, e concluem: “ações e atividades de educação ambiental (...) [são] capazes de contribuir na formação e capacitação de agentes multiplicadores das ideias do projeto (...) [e] melhoria dos problemas ambientais urbanos (...)”.

No Maranhão, um experimento com restos de alimentos e esterco bovino mostrou que a compostagem servia como instrumento de promoção da educação ambiental, relacionando-a ao risco de proliferação de doenças e de contaminação da água e do solo, resultante de manejo e destinação inadequados dos resíduos orgânicos (CARVALHO et al., 2012).

O projeto “Compostagem e vermicompostagem de resíduos orgânicos” (UFMG, 2019) distribui gratuitamente há anos composto orgânico para a comunidade, visando a “desenvolver essa

metodologia rústica para ressaltar a importância do tratamento biológico de resíduos orgânicos do meio urbano e rural”. Através do projeto, os autores querem “demonstrar a possibilidade de tratamento destes resíduos que (...) podem ser reaproveitados. E também inspirar as pessoas a criarem suas hortas e jardins até como tratamento terapêutico.”

A UFPA desenvolve, desde 2017, o projeto de extensão “O uso da compostagem como instrumento de educação ambiental na Cidade Universitária”, junto à comunidade interna e externa, com objetivo de proporcionar atividades que auxiliem as pessoas a lidarem com a parcela orgânica do lixo. Segundo os responsáveis, “nós, enquanto instituição de ensino, pesquisa e extensão precisamos desenvolver trabalhos dentro da instituição mostrar como se faz o tratamento correto dos resíduos orgânicos, além da importância disso para toda a sociedade.” (UFPA, 2018). O projeto oferece cursos e oficinas para ensinar a fazer compostagem em escala não industrial: assim, promove o destino correto dos restos orgânicos e o uso do produto em casa.

Desde de 2015, a tecnologia da compostagem tem sido abordada em projetos de ensino, pesquisa e extensão no CEFET-MG. Em dezembro de 2018, graças às contribuições dos trabalhos acadêmicos desenvolvidos, essa tecnologia passou a ser adotada em um dos *campi*, como parte da gestão de RS orgânicos gerados no refeitório e dos resíduos oriundos da manutenção dos jardins (folhas de árvores e poda dos gramados), em Belo Horizonte (ZAGO et al., 2019).

Na UFMG, o *campus* Pampulha, em Belo Horizonte, possui dois pátios de compostagem, que recebem diretamente no solo os resíduos verdes (folhas, podas e grama) coletados no *campus*, aplicam a técnica de compostagem e o composto final serve de adubo para os seus próprios jardins e demais áreas vegetadas (BARROS, SILVA, MIRANDA [2007?]). Esta atividade é feita há mais de 20 anos; um programa mais formal se iniciou em 2004 e continuava em atividade – infelizmente cada vez mais precária -, utilizando apenas resíduos verdes (parte dos resíduos alimentares tem sido usada em experimentos, parte vai para aterro) até o início de 2020.

No entanto, para a maioria dos alunos de graduação que não participam desses projetos específicos, a única forma de aprender sobre a gestão dos resíduos orgânicos e o seu potencial socioambiental é mesmo dentro dos conteúdos das disciplinas específicas. Felizmente, as instituições de ensino superior têm a prerrogativa de fazer revisões periódicas de seus projetos pedagógicos, justamente para atualizá-los naquilo que venha a atender melhor as demandas da sociedade, tanto quanto a modernização dos métodos de ensino. Desta forma, são momentos propícios para a discussão da

comunidade acadêmica, referentes à adequação dos currículos às previsões de cenários futuros para a atuação profissional.

Em 2019, foram instituídas, através da resolução ME/CNE/CES nº 2, as novas “Diretrizes Curriculares Nacionais do(s) Curso(s) de Graduação em Engenharia”. Em seu artigo 4º, enfatizam que o curso de graduação em Engenharia deve proporcionar aos seus egressos, ao longo da formação, as seguintes competências: [...] aplicar conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de Engenharia; ser capaz de aplicar os conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar a implantação das soluções de Engenharia; atuar em todo o ciclo de vida e contexto do projeto de produtos (bens e serviços) e de seus componentes, sistemas e processos produtivos, inclusive inovando-os (BRASIL, 2019). Nesse momento, muitos cursos já iniciaram ou terão que iniciar um processo de revisão em seus projetos pedagógicos, oportunizando-se, assim, as atualizações necessárias às demandas futuras da sociedade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se que tanto em conteúdo programático, quanto em carga horária, há diferenças significativas entre as disciplinas dos cursos de mesma área de formação profissional no país.

Percebe-se com pesar que o conteúdo sobre gestão de RS e, especificamente, dos orgânicos, nos cursos de Engenharias Civil e Ambiental, não tem recebido a atenção que merece, apesar da explícita necessidade, frente ao peso de sua participação na composição dos RS domésticos (mais de 50%, em média), aos impactos ambientais e à possibilidade de geração de renda, associados à reciclagem desses materiais e já passados dez anos da promulgação da PNRS. Os cursos de Eng. Ambiental e Sanitária ou Eng. Sanitária e Ambiental são os que mais incluem o termo “compostagem” em suas ementas, dando portanto maior relevância ao tema.

Parte deste desinteresse se reporta a questões culturais nacionais, que não foram objeto deste estudo, e também à percepção restrita e limitada sobre a questão por parte de administradores e dos próprios professores dos cursos, inclusive aqueles diretamente ligados às áreas sanitária e ambiental.

Salienta-se também que o simples fato de um tópico qualquer (no caso, “resíduos orgânicos”) constar das ementas não significa necessariamente que vai ser considerado com a importância que tem. Cada instituição, cada curso, cada professor acaba ajustando conteúdos e cargas horárias em função de variáveis que são também dinâmicas. Um contato mais próximo com demandas de nível local ajudaria a dosá-las, ponderando-as diante de características sociais, tecnológicas, econômicas e geográficas.

As instituições de nível superior têm um papel importante junto a suas comunidades (acadêmica e no entorno), podendo (e devendo) inspirar comportamentos que sejam menos impactantes. Portanto, é necessário que, nas oportunas e necessárias revisões dos projetos pedagógicos dos cursos de Engenharias, se dê maior ênfase à gestão de resíduos sólidos e, em especial, aos orgânicos.

5 REFERÊNCIAS

- BARROS, R.; SILVA, T.; MIRANDA, T. Avaliação preliminar do gerenciamento de resíduos sólidos verdes no *campus* da UFMG. [S.l.] [2007?]
- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Publicado no Diário Oficial da União, em 26/04/2019 | Edição: 80 | Seção: 1 | Página: 43.
- BRINGHENTI, J. et al. Organic Waste Composting and Vermicomposting as Sustainable Practice in Higher Education Institutions. In: *Towards Green Campus Operations*. Springer, Cham, p. 159-173, 2018.
- CEPAGRO/Fundação Banco do Brasil. A revolução dos baldinhos: tecnologia social da gestão comunitária de resíduos orgânicos e agricultura urbana. Cartilha. 32 pág., s/d.
- Matriz de competências para resíduos sólidos. 2014. Disponível em: <https://www.creapr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/Matriz-de-Compet%C3%Aancias-para-Res%C3%ADuos-S%C3%B3lidos.pdf>. Acesso em 10 mai 2020.
- DURHAM, E. O ensino superior no Brasil: público e privado. Nupes-USP, 2003.
- GUERRA, A.; FIGUEIREDO, M. Ambientalização curricular na Educação Superior: desafios e perspectivas. *Educar em Revista*, n. SPE3, p. 109-126, 2014.
- GURAN, S. et al. New Approaches for Solid Waste Management to Maximize Organic Waste Reutilization. In: *Waste Valorisation and Recycling*. Springer, Singapore, 2019. p. 37-45.
- HAAS, W. et al. How circular is the global economy?: an assessment of material flows, waste production, and recycling in the European union and the world in 2005. *Journal of Industrial Ecology*, v. 19, n. 5, p. 765-777, 2015.
- MCDOUGALL, F. et al. *Integrated solid waste management: a life cycle inventory*. John Wiley & Sons, 2008.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (ME) - Instituto Nacional dos Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Sinopse Estatística da Educação Superior. 2018. Brasília (DF), Ministério da Educação. Disponível em: <http://inep.gov.br/sinopses-estatisticas-daeducacao-superior>. Acesso em 10 maio 2020
- SHIEL, C. et al. Evaluating the engagement of universities in capacity building for sustainable development in local communities. *Evaluation and program planning*, v. 54, p. 123-134, 2016.
- OTRANTO, C. Criação e implantação dos institutos federais de educação, ciência e tecnologia – IFETs. *Revista Retta*, n. 1, p. 89-110, 2010.

REIS, F. et al. Contextualização dos cursos superiores de meio ambiente no Brasil: engenharia ambiental, engenharia sanitária, ecologia, tecnólogos e sequenciais. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, v. 2, n. 1, p. 05-34, 2005.

RIBEIRO, F.; CONCEIÇÃO, P.; AZEVEDO, M. Utilização da compostagem na produção de espécies paisagísticas destinadas a arborização urbana no município de Viçosa (MG). 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre (RS), 2011

TASSINARI, D. Análise de resíduos sólidos urbanos no município de Igarapé (MG): subsídios para a gestão de resíduos sólidos orgânicos. Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto (MG), 2020.

UFCG. Projeto Compostagem e vermicompostagem de resíduos orgânicos.

<https://portal.ufcg.edu.br/ultimas-noticias/970-projeto-da-ufcg-distribui-composto-organico-para-a-comunidade.html>. Acesso em 20 de maio de 2020.

UFPA. O uso da compostagem como instrumento de educação ambiental na Cidade Universitária. <http://radio.ufpa.br/index.php/ufpa-comunidade/uso-da-compostagem-na-ufpa/>. Acesso em 20 de março de 2020.

ZAGO, V. et al. Monitoramento do processo de compostagem dos resíduos de podas de árvores e gramados gerados na Universidade Federal de Minas Gerais (campus Pampulha). In: 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Natal-RN, 2019.

Capítulo 27



10.37423/210504120

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA MELHORIA DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE GESTÃO NO NOVO SINDICALISMO BRASILEIRO APÓS A REFORMA TRABALHISTA

Rousilene Corrêa de Carvalho Melo

Universidade Federal Fluminense

Stella Regina Reis da Costa

Universidade Federal Fluminense



Resumo: Até 2017 uma grande parte dos sindicatos eram mantidos por uma taxa compulsória intitulada como taxa sindical. Com o advento da nova Reforma Trabalhista, essa contribuição que era compulsória foi extinta, deixando grande parte destes sindicatos à deriva e perto de sua extinção (principalmente os sindicatos laborais, embora o objeto desta pesquisa ser os sindicatos patronais) vários sindicatos entraram em colapso financeiro. O sistema sindical brasileiro está se reinventando para continuar com sua existência. Neste artigo foi levantando o cenário atual ao qual os sindicatos patronais na área de terceirização de mão de obra de asseio, conservação, segurança privada e de transporte de valores estão vivenciando, a pesquisa foi baseada em revisões de literatura com os temas qualidade, gestão, modelos de gestão, sindicato e sindicalismo para sustentar o estudo do tema. O presente artigo tem como objetivo principal apresentar um respaldo que permite a liderança destas entidades sindicais obter a percepção de gestão da qualidade em suas entidades sindicais.

Palavras-Chaves: Modelo de Gestão, Sindicalismo, Qualidade, Sindicato, Terceirização.

1. INTRODUÇÃO

Oliveira (2009) em seu objeto de pesquisa, relata que foi no ano de 1937 através de Getúlio Dornelles Vargas, Presidente da República Federativa do Brasil na época, que foi oficializado o início do sindicalismo brasileiro, concomitante com o direito do trabalho, através do Decreto Nº 19.770 de 1931, em março de 1937. Entende-se que foi com o advento da CLT, mais precisamente em 01 de maio de 1943, que houve a promulgação da inclusão do imposto sindical, ou seja, foi imposta uma contribuição compulsória às categorias laborais e patronais, independente destes empregados ou empregadores serem sindicalizados, ou não.

Quando estudada a origem do direito coletivo do trabalho de acordo o autor Carvalho (2011), nota-se que em meados dos anos 20 no Brasil, o Estado interveio no movimento sindical com a implantação do princípio da unicidade sindical, que importa em poder haver somente um sindicato representando certa categoria numa mesma base territorial, impossibilitando a coexistência de vários sindicatos representando a mesma categoria numa mesma base territorial. Essa definição de “Unicidade Sindical” é o antônimo de “pluralidade sindical”, a qual se define como sendo o modelo em que vários sindicatos podem representar uma mesma categoria numa mesma base territorial. A unicidade sindical foi instituída pelo governo de Getúlio Vargas, quando da criação do Ministério do Trabalho (CARVALHO, 2011).

Até 2017, os sindicatos possuíam uma arrecadação concreta, tanto laboral quanto patronal e a certeza da arrecadação era certa, havia inadimplência, mas tinham arrecadação garantida. Com a Reforma Trabalhista de 2017, levada a efeito através da LEI Nº 13.467, DE 13 DE JULHO DE 2017 as empresas ficaram desobrigadas de realizar o recolhimento, tendo a opção de fazê-lo, se assim acharem necessário. Já foi através da MEDIDA PROVISÓRIA Nº 873, DE 1º DE MARÇO DE 2019, publicada no Diário Oficial da União em 01/03/2019 Edição Extra, que alterou a CLT, inclusive em pontos já modificados pela denominada Reforma Trabalhista, nos quais apresentou determinações que deixaram ainda mais difícil a arrecadação de taxas denominadas compulsórias em favor dos sindicatos patronais e laborais, proibindo constar em Convenção Coletiva ou Acordo Coletivo, cláusula que obrigue o desconto no salário do empregado sem a sua autorização “prévia, expressa, voluntária e individual”, sendo nula regra ou cláusula normativa que fixar a compulsoriedade ou a obrigatoriedade de recolhimento a empregados ou empregadores, ainda que referendada por negociação coletiva, assembleia geral ou outro meio previsto no estatuto da entidade sindical.

Mediante a este cenário advindo da Reforma Trabalhista, percebe-se a necessidade da reestruturação das organizações sindicais ao novo sindicalismo brasileiro. Os sindicatos necessitam serem autossustentáveis para que se sobrevivam, mormente obter recursos financeiros, obrigando-os a “ser” o que eles deveriam “ser”: representativos, fornecedores e defensores das suas categorias. O ponto de partida para essa mudança, pode estar na implantação de um Modelo Gestão com foco na organização sindical.

O presente artigo tem como objetivo principal citar alguns pontos da trajetória do sindicalismo brasileiro, culminado na Reforma Trabalhista de 2017 e apresentar um respaldo que permite a liderança destas entidades sindicais obter a percepção de gestão da qualidade.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Feigenbaum (1994) define o termo qualidade como sendo a entrega de determinado produto ou serviço, possuindo características pontuais que atendem e satisfaz as necessidades e expectativas dos clientes. É o ato de resolver os problemas e solucionar suas causas e efeitos ao longo da vida útil do produto ou serviço. Envolve desde o planejamento/ desenvolvimento e seus responsáveis, com interação entre funcionários independente do cargo que ocupam dentro das organizações, até a linha de fabricação. Envolve, também, os próprios clientes e os fornecedores que, com essa ação, buscam o aperfeiçoamento das atividades e técnicas desenvolvidas para alcançar o mais próximo da perfeição aos olhos dos clientes (MAXIMIANO, 2011).

Quanto ao conceito de Gestão, este está relacionado a um conjunto de atividades utilizadas para controlar, planejar, medir e melhorar as atividades gerenciais e administrativas nas organizações. Já um modelo de gestão é a maneira de descrever a forma de gerir este conjunto de atividades, possibilitando dimensionar o impacto destes elementos dentro de uma organização, (PAGLIUSO, 2010).

Um modelo de Gestão pela Qualidade tem por objetivo auxiliar as atividades dentro de uma organização, possibilitando aplicar métodos para controle em todas as esferas, buscando eliminar falhas e obter um resultado financeiro satisfatório alinhado com uma boa qualidade na prestação de seus serviços e produtos (MOMBACHI, PEREIRA E COSTA, 2011).

3. METODOLOGIA

A natureza desta pesquisa é a de Desenvolvimento Experimental. Utilizou-se a pesquisa exploratória e o método escolhido foi o qualitativo. A modalidade de pesquisa utilizada foi de Estudo de Caso múltiplos, onde os sindicatos SEAC e SINDESP-GO serviram como sindicatos pilotos para a realização das entrevistas e posteriormente, implantação de uma metodologia para melhoria do desempenho do sistema de gestão. Foram realizadas entrevistas com os presidentes dos sindicatos da área de terceirização de mão de obra de asseio, conservação, segurança privada e transporte de valores, com intuito de obter um diagnóstico da gestão desenvolvida nestas entidades.

O universo de possíveis respondentes era de 58 indivíduos, sendo 28 presidentes de sindicatos da área de terceirização de mão de obra de asseio e conservação, 27 presidentes de sindicatos da área de segurança privada e transporte de valores, 02 presidentes de federações e 01 ex-presidente. Do universo total da população de 58 indivíduos foi entrevistada uma amostra de 40 respondentes.

Utilizou-se a entrevista semiestruturada, as perguntas foram preparadas de forma antecipada, e as questões foram padronizadas, aplicou-se as mesmas perguntas a todos os entrevistados de acordo com seu grupo, sendo direcionadas para os Gestores Executivos ou para os Presidentes das entidades sindicais.

Foram elaboradas e aplicadas 10 perguntas para realização das entrevistas, as quais foram iniciadas com os Presidentes e o Executivo dos Sindicatos pilotos, após deu-se continuidade com os demais representantes sindicais, dos sindicatos que estão sediados nas regiões norte, nordeste, sul, sudeste e centro-oeste do Brasil. Realizou-se uma indução analítica dos dados, analisando as entrevistas de forma individual resultando em um padrão comum.

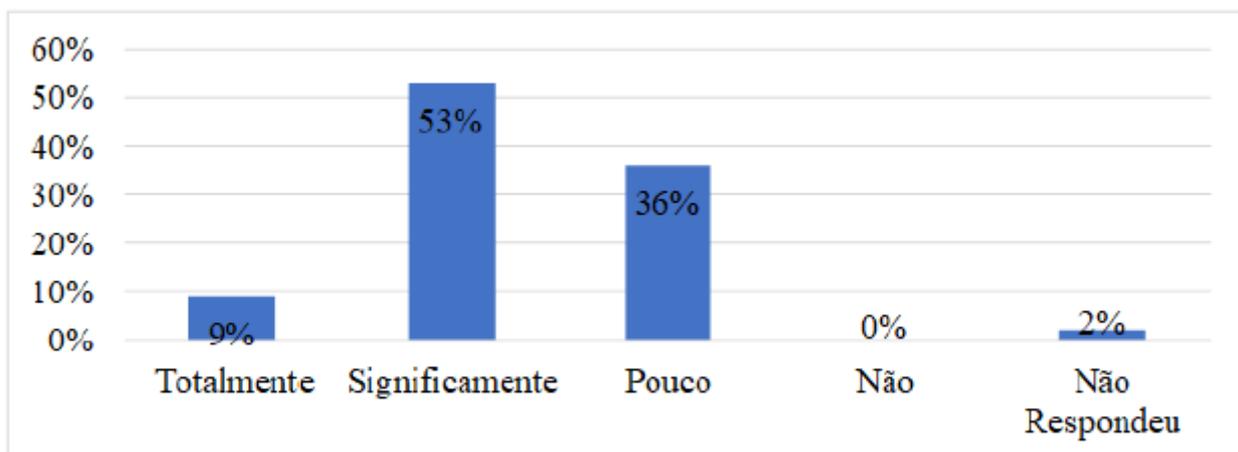
A codificação dos dados coletados não possui uma regra específica. O autor Grey (2012) sugere a utilização de alguns princípios para realização desta codificação, e cita que, é a partir da transcrição dos dados, desmembramento, análise de forma macro, alinhamento e junção é que se pode ter acesso a um novo conceito daquilo que foi estudado e objetivado na pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As entrevistas foram iniciadas com os Presidentes dos Sindicatos pilotos. Após deu-se continuidade com os demais representantes sindicais, dos sindicatos que estão sediados nas regiões norte, nordeste, sul, sudeste e centro-oeste do Brasil. Realizou-se uma indução analítica dos dados, analisando as entrevistas de forma individual, no que resultando em um padrão comum.

a) Pergunta 1: Sua Entidade estava preparada para extinção da taxa sindical?

Figura 1 - Resultados da Pergunta 1

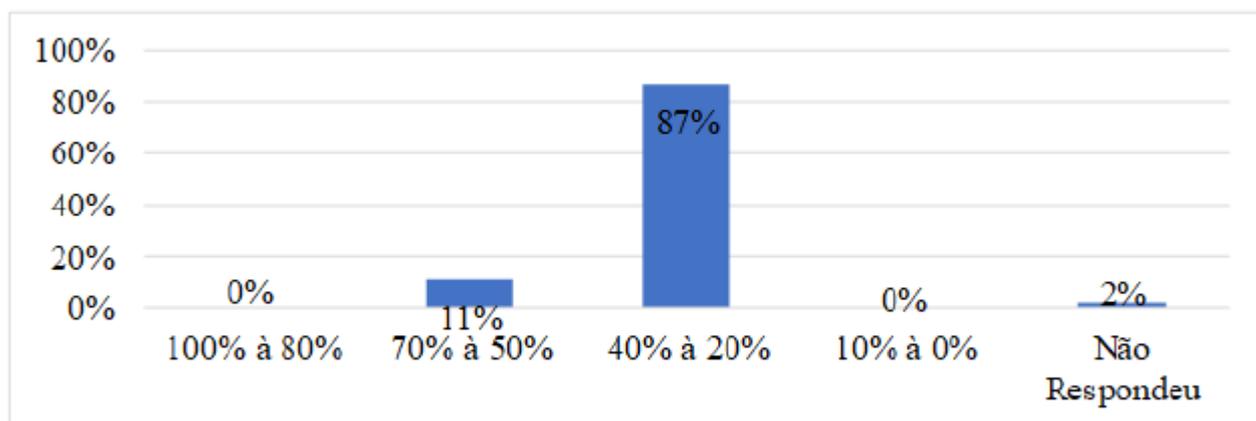


Fonte: Elaborado pela autora (2020)

De acordo com os dados coletados, a maioria estava preparada para extinção da contribuição sindical. A Medida Provisória 873 de 11/06/2019, remete a exclusão da obrigatoriedade de recolhimento da taxa sindical. Já havia rumores da promulgação dessa Lei antes da mesma ser sancionada. Alguns sindicatos se anteciparam e implementaram ações de reparação da receita, outros esperaram acontecer. Vale salientar que nestas categorias a liderança dos sindicatos já detinham o conhecimento e nenhuma entidade sindical foi desprovida da informação.

b) Pergunta 2: Qual o percentual de arrecadação a Contribuição Sindical representava em sua arrecadação anual?

Figura 2 - Resultados da Pergunta 2



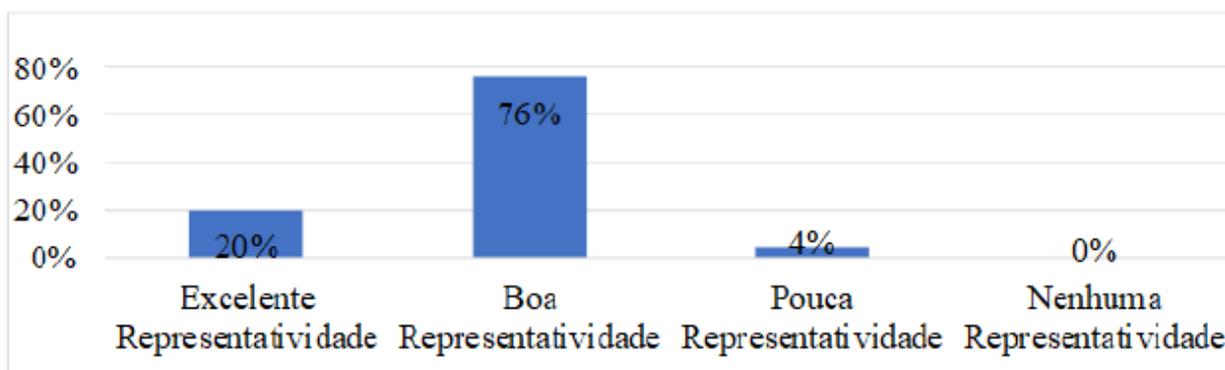
Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Nota-se que 87% dos presidentes responderam estarem na mesma margem de arrecadação da contribuição sindical. Respaldados anteriormente pela determinação na Consolidação das Leis Trabalhistas pelos artigos 578 e 587, e posteriormente através da Constituição Federal de 1988, os sindicatos constituídos legalmente, detinham do direito de obtenção de taxas

compulsórias para se estruturarem financeiramente. Uma dessas taxas era a contribuição sindical. Nota-se que todos os sindicatos pesquisados se utilizavam desse benefício, embora com diferentes índices de arrecadação e representação em valor R\$ em suas finanças. Nas categorias de asseio, conservação e de segurança privada, foi detectado que a arrecadação dessa antiga taxa compulsória representava entre 50% e 70% da arrecadação anual nos sindicatos, resultando um grande impacto na estrutura financeira.

c) Pergunta 3: Como a Liderança exerce a representatividade perante seus representados?

Figura 3 - Resultados da Pergunta 3



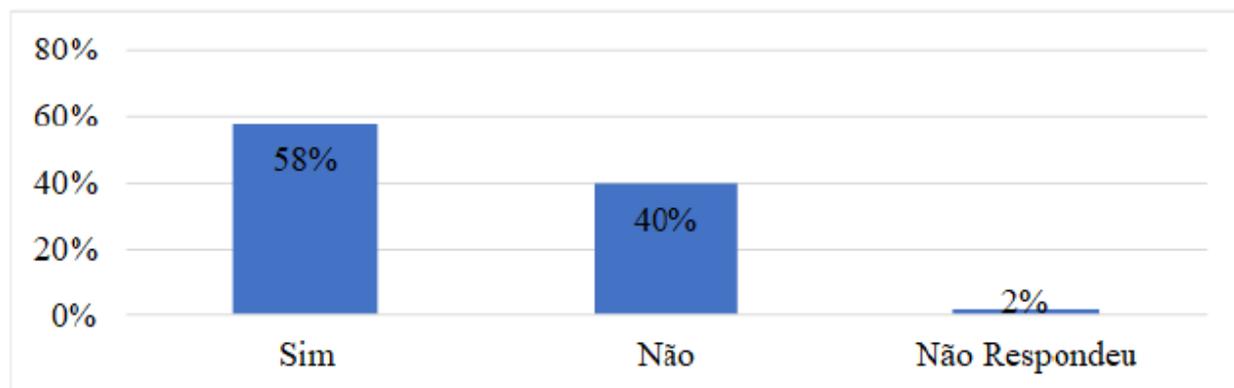
Fonte: Elaborado pela autora (2020)

De acordo com o gráfico, 76% dos respondentes informaram possuírem uma boa representatividade. O processo de representatividade foi descrito, embora com algumas falhas.

Amauri (2015) argumenta que representatividade é o ato de exercer a representação de forma eficaz, ou seja, em fazer as coisas certas. Mediante tal afirmativa pode-se constatar que as entidades sindicais pesquisadas estão promovendo ações de representatividade. Durante as entrevistas foram descritas algumas formas de como a liderança exerce a representatividade, como por exemplo, ações que lhes proporcionem a racionalização dos tributos, liberdade individual e coletiva na relação de emprego, combate à informalidade, luta pela longevidade das empresas e parceria para *e-commerce*.

d) Pergunta 4: Sua entidade assegura os recursos financeiros necessários para atender às necessidades operacionais e manter o fluxo financeiro equilibrado?

Figura 4 - Resultados da Pergunta 4



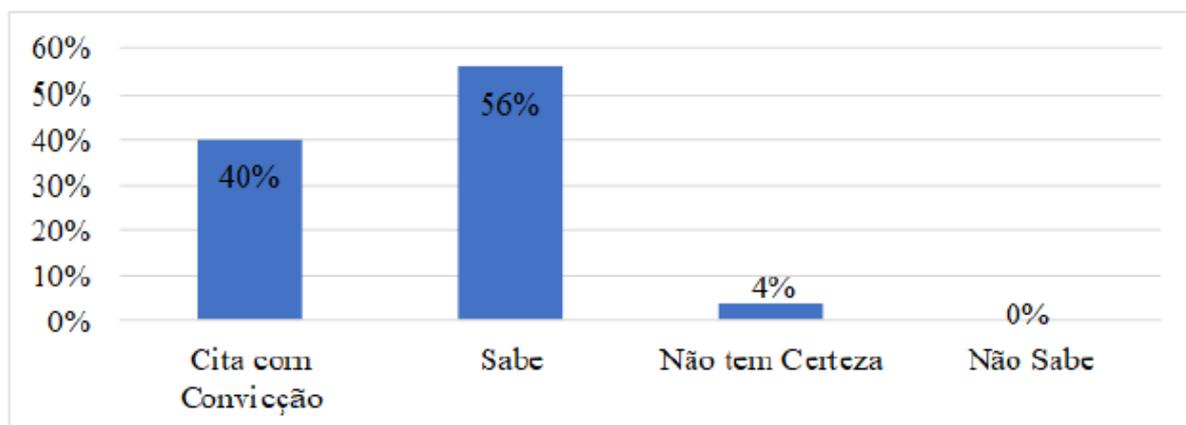
Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Percebe-se que a maioria dos respondentes informou que sim, sua entidade assegura os recursos financeiros necessários para atender às necessidades operacionais e manter o fluxo financeiro equilibrado. Todos os entrevistados informaram que possuem processo de controle financeiro, cada um de acordo com sua particularidade, mas atendendo as prerrogativas estipuladas por lei para o controle contábil.

O autor Defeo (2015) ressalta a necessidade de as organizações possuírem controles, e controles de qualidade, os quais venham a atender as necessidades dos clientes, internos e externos. Durante a entrevista ao descreverem os processos financeiros de suas entidades, alguns deram exemplos de controles financeiros utilizados no gerenciamento dos sindicatos, como demonstrativos financeiros de controles diários, semanais, mensais, anuais.

e) Pergunta 5: Você tem conhecimento de quem são seus clientes?

Figura 5 - Resultados da Pergunta 5



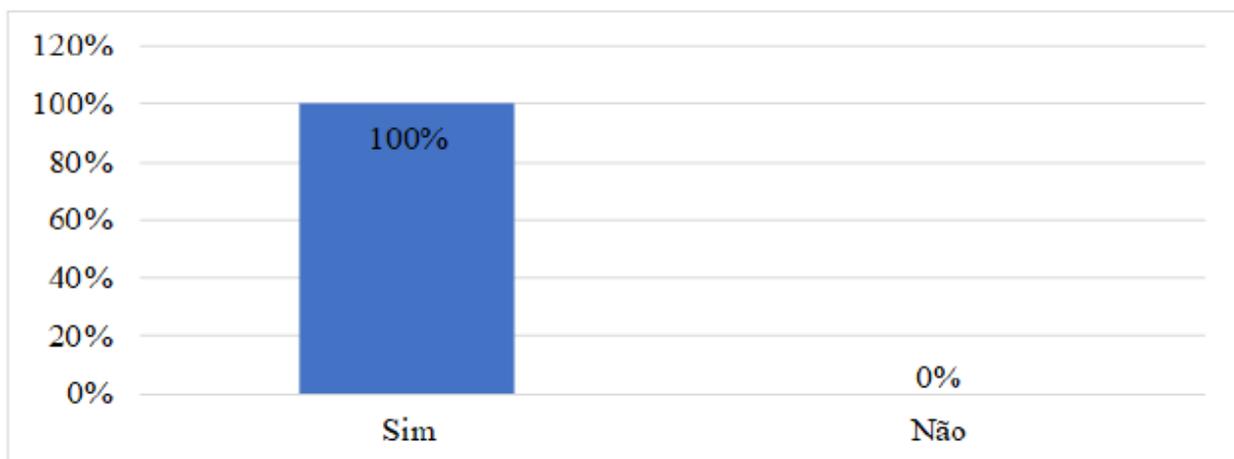
Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Percebe-se que a maioria dos respondentes informou que sim, sua entidade assegura os recursos financeiros necessários para atender às necessidades operacionais e manter o fluxo financeiro equilibrado. Todos os entrevistados informaram que possuem processo de controle financeiro, cada um de acordo com sua particularidade, mas atendendo as prerrogativas estipuladas por lei para o controle contábil.

O autor Defeo (2015) ressalta a necessidade de as organizações possuírem controles, e controles de qualidade, os quais venham a atender as necessidades dos clientes, internos e externos. Durante a entrevista ao descreverem os processos financeiros de suas entidades, alguns deram exemplos de controles financeiros utilizados no gerenciamento dos sindicatos, como demonstrativos financeiros de controles diários, semanais, mensais, anuais.

e) Pergunta 5: Você tem conhecimento de quem são seus clientes?

Figura 6 - Resultados da Pergunta 6

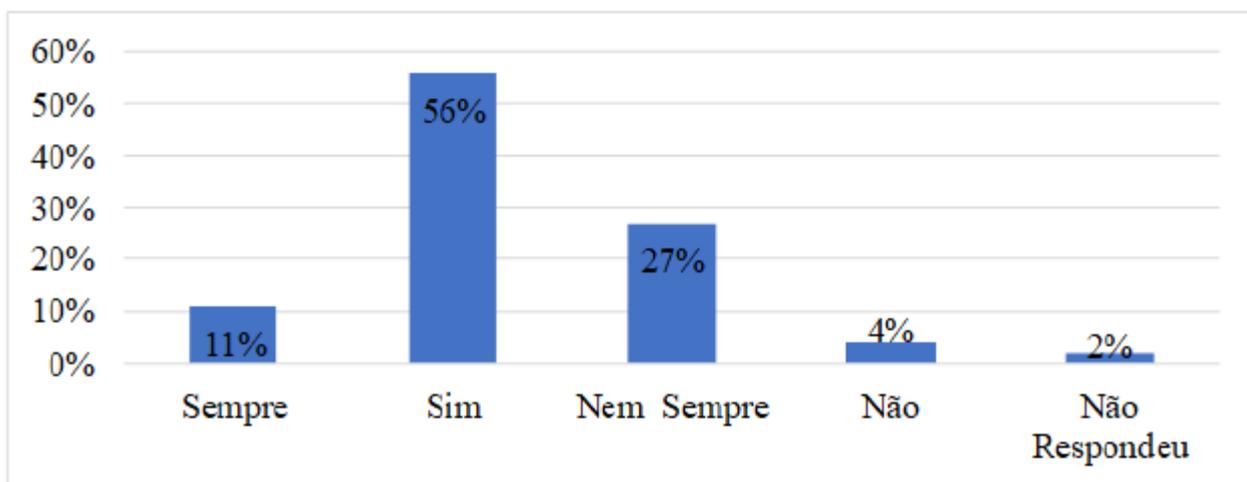


Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Todos respondentes concordam que sim. Após a Reforma Trabalhista a forma como eles veem e, se relacionam com seus clientes mudou. Mediante esse resultado, que condiz com a sugestão de Pagliuso (2010) na afirmação que dependerá da qualidade dos produtos e serviços oferecidos a seus clientes para permanência dos mesmos em seu quadro de associado, possibilitando o sustento financeiro da entidade, e não mais oriundos da obrigatoriedade de arrecadações compulsórias, trazida pela legislação. Respalda também por (CUNHA, 2018) que afirma que os sindicatos devem agregar serviços de forma satisfatória, visto que todo o cenário sindical se modificou após a Reforma Trabalhista, e a forma como os clientes dos sindicatos eram vistos e tratados, mudou.

g) Pergunta 7: Sua Entidade fideliza seus clientes? Se sim, como?

Figura 7 - Resultados da Pergunta 7



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

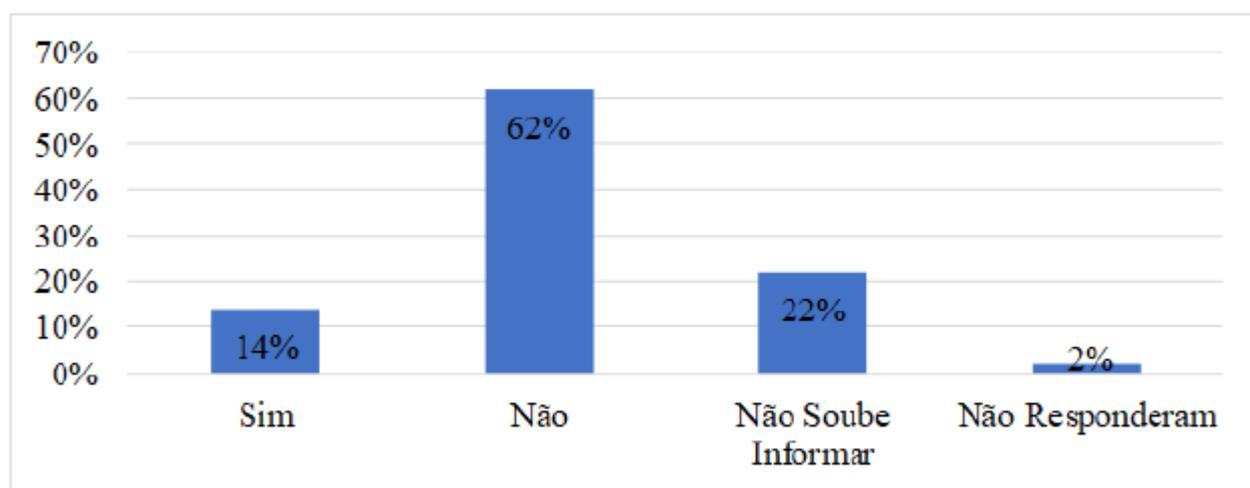
De acordo com o gráfico a maioria dos respondentes informou que fidelizam seus clientes. Defeo (2015) cita que a satisfação e a fidelidade dos clientes só são alcançadas quando o conjunto de características pré-estabelecidas por eles são entregues sem falhas no seu processo e de forma eficiente e eficaz, sendo que ambas características afetam o desempenho financeiro. Essa afirmação vai ao encontro das respostas dos pesquisados, embora possa-se observar que nas resposta da pergunta 5 e nesta, alguns dos respondentes afirmaram que em suas entidades houve várias empresas que se desfiliam, houve perda de arrecadação, e todos esses foram pontuais ao afirmarem que suas entidades tiveram que se reinventar para poderem continuar “de portas abertas”. Com esse paralelo pode-se afirmar que a definição de fidelização de cliente não está clara para alguns dos entrevistados, visto que houve perda de cliente e não fidelização. O fato de o cliente ter sido compulsório até a reforma obrigará a estes sindicatos reverem as formas de captação e fidelização dos mesmos, uma novidade para as suas gestões.

As respostas desta questão não condizem com o cenário. A manutenção da associação das empresas é uma das formas de medida fidelização do cliente, pois só fica associada à entidade aquelas empresas que recebem um produto ou serviço que atendam à suas necessidades e expectativas. Se houve desfiliações acentuadas e diminuição das receitas é porque poucos sindicatos conseguem fidelizar seus clientes. A grande maioria, está com dificuldades financeiras, conforme externado por alguns destes sindicatos, a ponto de não terem recursos financeiros para custear as despesas fixas como pagamento de saneamento básico, energia, aluguel, dentre outras despesas.

Um dos exemplos de fidelização explanado por alguns dos respondentes foram: Realizarem atendimentos tendo o associado como o centro de tudo com foco em suas necessidades, 02 sindicatos não cobram nada de seus associados para que os mesmos possam usarem suas instalações (auditório, salão de festas e salas de reuniões), oferecem às empresas treinamentos e aperfeiçoamento da mão de obra administrativa e operacional de seus funcionários.

h) Pergunta 8: Sua Entidade possui indicadores?

Figura 8 - Resultados da Pergunta 8



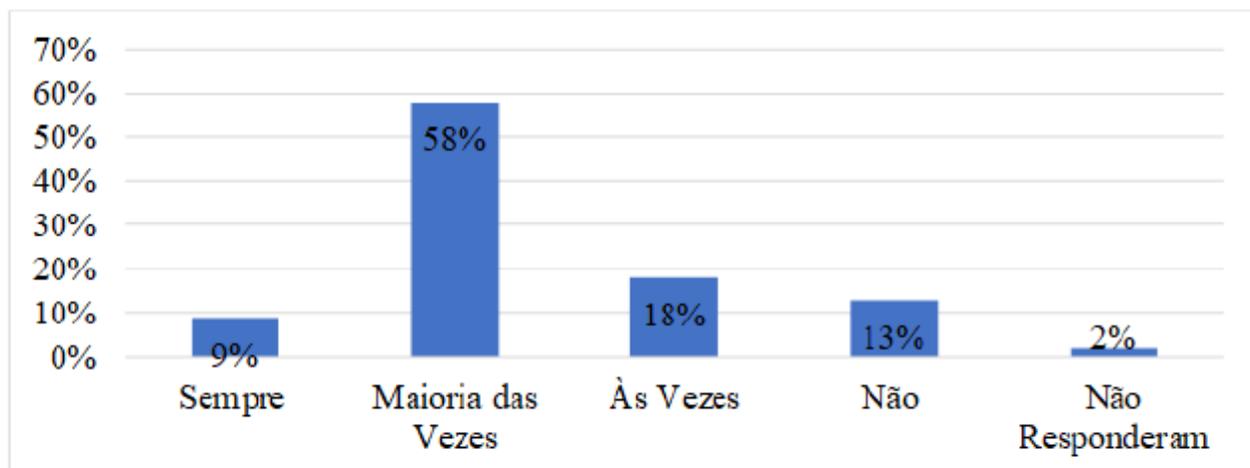
Fonte: Elaborado pela autora (2020)

A maioria dos respondentes informou que suas entidades não possuem indicadores para os processos e estratégias. (PAGLIUSO, 2010) sugere que para exercer a gestão dentro das organizações, é necessário possuir um conjunto de atividades, dentre elas, medir para lhes permitir gerenciar suas organizações.

Seis pesquisados deram exemplos de quais indicadores são utilizados em suas entidades, como indicadores de produtividade, qualidade, financeiro, representatividade, associatividade e de pessoas. De acordo com as respostas obtidas as práticas estão em desacordo com os autores, visto que a maioria das entidades sindicais não possui sequer seus processos mapeados e ou desenhados, muito menos, relacionados a indicadores.

i) Pergunta 9: A Entidade investe na capacitação de seus colaboradores?

Figura 9 - Resultados da Pergunta 9

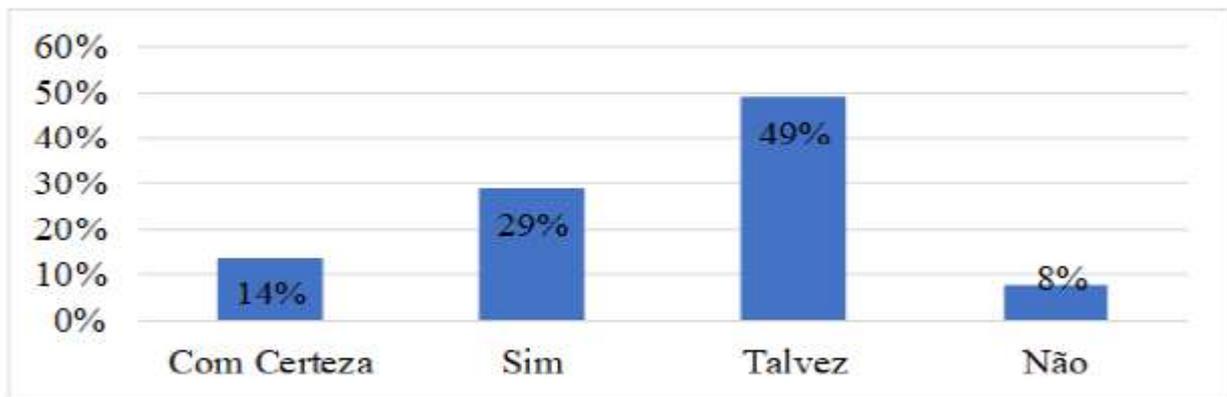


Fonte: Elaborado pela autora (2020)

De acordo com o gráfico a maioria dos respondentes informou que suas entidades na maioria das vezes investem na capacitação de seus colaboradores atendendo o embasamento do Guia de Excelência do SEGS – Sistema de Excelência em Gestão Sindical. A gestão tem que estar voltada ao seu público interno, seus colaboradores. Já NBR ISO 9001:2015 no item 7.2 sugere que a organização selecione pessoas que possuam as respectivas competências necessárias para desempenhar suas funções dentro da organização para qual foi contratada e, quando for o caso, oferecer treinamentos para desenvolver essas competências, o que resultará em uma equipe qualificada com conhecimento necessário para execução eficaz das atividades.

j) Pergunta 10: Você implantaria em sua Entidade um Modelo de Gestão para a Qualidade? Justifique seu posicionamento.

Figura 10 - Resultados da Pergunta 10



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

De acordo com o gráfico grande parte dos respondentes informou que talvez implementaria um modelo de gestão. Dependeria de qual modelo e, se realmente traria um benefício e não burocracia ao sistema e, se houvesse, também, um retorno financeiro adequado.

(DEFEO, 2015) cita que bens e serviços de qualidade são sinônimos de resultados financeiros dentro das organizações. Os processos entregues sem falhas e de forma eficiente e eficaz influenciam totalmente no desempenho financeiro e que a falta de qualidade pode gerar custos extras. Esses custos podem acarretar em até 20% de retrabalho ocasionado pela má qualidade.

Outros optaram por não implementarem pelo fato ser muito burocrático e trabalhoso. De fato, de acordo com Juran (2017), para se alcançar a qualidade, deve-se primeiramente alcançar e atender os objetivos dos clientes de acordo com o perfil de cada um, independentemente de sua necessidade, e muitas das entidades pesquisadas não tem essa troca de informações com seus clientes. Maximiano (2011), enfatiza a necessidade das organizações de se aprimorar continuamente, e para isso, é necessário planejar, executar e agir, através de um ciclo que se

repete gradativamente, o PDCA. Todas essas ações elencadas, são na maioria burocráticas e totalmente trabalhosa, mas essenciais para se obter a qualidade.

De acordo com Falconi (2014), um modelo de gestão da qualidade é um método eficaz para controlar, padronizar e medir os resultados, melhorar a performance da entidade, aumentar a produtividade, evitar o retrabalho e reduzir custos, sustentar uma gestão estratégica eficaz, tomar decisões mais próximo possível do acerto para que se consiga a satisfação do cliente. E por fim Maximiano (2011). Descreve o papel de um dirigente, ou da liderança, como responsável pelas tomadas de decisões, por

estabelecer metas, escolher as diretrizes, delegar responsabilidades, ou seja, a liderança é responsável por planejar, organizar, comandar, coordenar e controlar. Portanto a decisão em se implantar um Modelo de Gestão para a Qualidade é da liderança, é de cima para baixo. Se o presidente optar, embora sua força de trabalho não coadune da mesma opinião, o que prevalece é a determinação do presidente.

A implementação, ou não, depende da perspectiva de futuro que cada líder tem para sua entidade sindical.

Considerando os resultados da pesquisa e as sugestões da literatura é possível sugerir que estas entidades sindicais realizem um levantamento das ações de gestão exercidas em seus sindicatos, com finalidade de se obter um grau de maturidade. Esse levantamento poderá ser realizado listando os processos macro e de apoio que contemplem as áreas sindicais como liderança, processo, pessoas, clientes, financeiro, infraestrutura e tecnologia. Essas ações tem que estarem desenhadas a ponto de todos na entidade terem acesso a esse mapeamento, independente se as ações estão sendo eficiente e eficazes, as mesmas devem ser desenhadas. A tabela 1, foi desenvolvida neste trabalho para propor uma pontuação a ser preenchida para ter uma visão sistêmica do grau de maturidade que a entidade se encontra. Nesta etapa não tem como objetivo a medição e tampouco, avaliação da eficiência e eficácia da prática, mas simplesmente um diagnóstico para auxiliar nas tomadas de decisão. Abaixo na tabela 2, segue orientações para se realizar o levantamento das ações para medir o grau de maturidade.

Tabela 1: Pontuação para Mensuração da Gestão e Mapeamento de Ações de Gestão

Esferas	Tabela de Pontuação					MAPA DE AÇÕES										
	0%	30%	60%	80%	100%	O que é feito	Como é feito	Quando é feito	Responsável pela ação	Quem tem acesso as informações	Indicador	Medições			Programação de Melhorias	
	Não possui nenhuma ação	Possui ação, mas não está mapeada	Possui ação e a mesma está mapeada	Possui a ação, mapeamento e controle	Possui ação mapeada, controle e medição							1	2	3		
Ações Sindicais																
Liderança																
Processos																
Pessoas																
Clientes																
Financeiro																
Infraestrutura e Tecnologia																

Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Tabela 2: Orientações para Levantamento de Ações para Medir o Grau de Maturidade

Esferas	Exemplos de Ações
Ações Sindicais	Ações realizadas pela entidade em prol da categoria representada, o que é feito: Negociação coletiva, parcerias com os governos estadual e municipal, participações em conselhos de representações federais, estaduais e municipais, federativos e confederativos.
Liderança	Ações de interações promovidas pela liderança da entidade, como: Assembleias, reuniões de diretoria, congressos, feiras, etc...
Processos	Levantamento dos processos da entidade: Descrição dos processos, mapeamento, melhorias, controle, tipos de documentos utilizados na entidade, escolha de fornecedores, etc...
Pessoas	Como a entidade interage com seus funcionários: Como são definidos os cargos e funções, se são realizados treinamentos e capacitação de seus colaboradores, se o desempenho é medido, etc...
Clientes	Ações direcionadas somente aos clientes: Associatividade, atualização de cadastro, convênios, identificação de necessidades dos clientes, forma de comunicação com seus clientes, controle de qualidade dos produtos e serviços oferecidos aos clientes, etc...
Financeiro	Ações que são realizadas para prover sustentos financeiros e controle dos fundos, como: Parcerias, convênios, ações que capta novos associados, controles financeiros (fluxo de caixa, DRE, balancetes, balanço, previsão orçamentária), etc..
Infraestrutura e Tecnologia	Levantamento de necessidade da demanda x oferta, exemplos: Se há espaço físico adequado para atendimento dos clientes, se os colaboradores possuem infraestrutura e equipamentos necessários para desempenhar suas funções, etc...

Fonte: Elaborado pela autora (2020)

5. CONCLUSÃO

A literatura delineada através de pesquisa bibliométrica trouxe a este estudo respaldo que permite a liderança destas entidades sindicais obter a percepção de gestão da qualidade. Vários autores alicerçaram que as organizações precisam praticar os conceitos da qualidade e que bens e serviços de qualidade são sinônimos de resultados financeiros sustentáveis dentro das organizações. Para ser possível implantar um modelo de gestão sustentável é necessário implementar um modelo de gestão da qualidade, o qual possibilitará padronizar e medir os resultados, melhorar a performance da entidade, aumentar a produtividade, evitar o retrabalho e reduzir custos, sustentar uma gestão estratégica eficaz, tomar decisões mais próximo possível do acerto para que se consiga a satisfação do cliente e com isto a captação e a fidelização deste.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 9001:2015: Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos, p. 7, 2015.

CAMPOS, Vicente Falconi. TQC - Controle da Qualidade Total no Estilo Japonês. Editora Falconi, p. 26, 2014.

CARVALHO, Augusto Cesar Leite de. Direito do Trabalho - Curso e Discurso. Editora LTR, p. 27, 2011.

CUNHA, Lomanto et al. Modernização Sindical no Brasil e a Luta pela Sobrevivência das Classes Representativas em Pleno Século XXI. Revista Jurídica, Paripiranga, Bahia, Brasil, p. 8, v. 1, n. 2, jul./dez. 2018.

DEFEO, Joseph. Fundamentos da Qualidade. Editora Bookman, p. 19, 2015.

FEIGENBAUM, Armand V. Controle da Qualidade Total. Editora Makron Books, v. 3, p. 93-100, 1994.

GRAY, David E. Pesquisa no Mundo Real. Editora Artmed, p. 20-108, 2012.

JURAN, J. M. A Qualidade Desde o Projeto. Editora Cengage Learning, p. 10, 2017.

Lei Nº 13.467 (13 de julho de 2017). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13467.htm. Fonte: Planalto Presidência da República. Acesso em: 22/03/2019.

MAXIMIANO, Antônio César Amaru. Introdução à Administração – 5ª Ed. Editora Atlas, p. 51-73, 2000.

MAXIMIANO, Antônio César Amaru. Introdução à Administração – 8ª Ed. Editora Atlas, p. 21-98, 2011.

Medida Provisória Nº 873 (11 de junho de 2019). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/Mpv/mpv873.htm. Fonte: Planalto Presidência da República. Acesso em: 22/03/2019.

MOMBACH, Odair José et al. Artigo: Proposta de um Modelo de Gestão pela Qualidade para um Abatedouro/Frigorífico de Suínos. Revista Agrariam, p. 295-299, 2011.

NASCIMENTO, Amauri Mascaro. Direito Sindical. Editora Saraiva, p. 48, 1989.

OLIVEIRA, Fernando Alves de. S. O. S. Sindical pt - O que os Contribuintes dos Sindicatos e a Sociedade Precisam saber sobre o Sindicalismo Brasileiro e Suas Graves Contradições. Editora LTR, p. 13, 2009.

PAGLIUSO, Antônio Tadeu. Gestão Organizacional. Editora Saraiva, p. 56-80, 2010.

PAGLIUSO, Antônio Tadeu. MEG - Modelo de Excelência da Gestão - 21ª Edição. Fundação Nacional da Qualidade, p. 17, 2016.

Capítulo 28



10.37423/210504123

ATIVIDADES DE EXTENSÃO NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO: A EXPERIÊNCIA DA UFG

Cacilda de Jesus Ribeiro

Universidade Federal de Goiás

Rosângela Nunes Almeida de Castro

Universidade Federal de Goiás

Ademyr Gonçalves de Oliveira

Universidade Federal de Goiás

Arthur Moisés da Costa Borges

Universidade Federal de Goiás

Átila Gracco Silva

Universidade Federal de Goiás

Felipe Resende de Carvalho Sousa

Universidade Federal de Goiás

Lourenço Matias

Universidade Federal de Goiás

Yi Lun Lu

Universidade Federal de Goiás



Resumo: *Estas atividades foram desenvolvidas com o objetivo de promover a formação ética e humanística dos futuros profissionais de engenharia. Na ocasião, estudantes dos cursos de engenharia de alimentos, de computação, elétrica e mecânica se envolveram em projetos de extensão. As atividades desenvolvidas nos projetos foram: o voluntariado com arrecadação e a distribuição de alimentos, doação de sangue, palestras em escolas de primeiro e segundo grau, desenvolvimento de um robô, dentre outras. Essas atividades foram registradas no histórico escolar dos estudantes como atividade complementar em projetos de extensão. Para a realização destas atividades foram necessários a dedicação e o envolvimento da comunidade universitária. Apesar do reconhecimento quanto à necessidade da formação ética e humanística dos engenheiros, do envolvimento com trabalhos em grupo e com a comunidade externa à universidade, necessitam-se de muitas ações para sua efetivação. Por isso, adquire formato de desafio e de esforços altruísticos de quem com ela trabalha. Este artigo apresenta nossa contribuição face ao enfrentamento deste desafio, que exige estratégias organizacionais com ações planejadas, integradas e avaliadas.*

Palavras-chave: *Educação em engenharia, Projeto de extensão, Diretrizes curriculares*

1. INTRODUÇÃO

O surgimento de novas orientações para cursos superiores ao longo dos anos é relativamente frequente, tendo em vista que o objetivo destes cursos é preparar seus egressos para atuarem no setor produtivo respondendo às contínuas mudanças do ambiente econômico e social que este se insere. Neste contexto a formação do engenheiro é norteadada por um conjunto de Leis e Normas que estabelecem os requisitos mínimos necessários para a formação do profissional, bem como as condições necessárias para o exercício profissional da Engenharia.

Em 2019 foram aprovadas as novas Diretrizes Curriculares (DCs) para os cursos de Engenharia (MEC, 2019). As DCs estabelecem que cada curso de Engenharia deve possuir um projeto pedagógico que demonstre claramente como o conjunto das atividades previstas garantirá o perfil desejado de seu egresso e o desenvolvimento das competências e habilidades esperadas. De acordo com as novas diretrizes os currículos dos Cursos de Engenharia deverão dar condições a seus egressos para adquirir competências e habilidades para, dentre outras coisas, comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica; atuar em equipes multidisciplinares e compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais.

Deverão também ser estimuladas atividades complementares, tais como trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, visitas técnicas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas juniores e outras atividades empreendedoras. Nestas atividades procurar-se-á desenvolver posturas de cooperação, comunicação e liderança.

Nesta proposta de Diretrizes Curriculares o conceito de currículo, entendido como grade curricular que formaliza a estrutura de um curso de graduação, é constituído por um conceito bem amplo, que pode ser traduzido pelo conjunto de experiências de aprendizado que o estudante incorpora durante o processo participativo de desenvolver um programa de estudos coerentemente integrado.

Esta definição de currículo enfatiza o conjunto de experiências de aprendizado. Entende-se, portanto, que currículo vai muito além das atividades convencionais de sala de aula e deve considerar atividades complementares, tais como programas de extensão universitária, desenvolvidas pelos alunos durante o curso de graduação. Essas atividades complementares visam ampliar os horizontes de uma formação profissional, proporcionando uma formação sociocultural mais abrangente.

Neste conceito de currículo, explicitando o conceito de processo participativo, entende-se que o aprendizado só se consolida se o estudante desempenhar um papel ativo de construir o seu próprio

conhecimento e experiência, com orientação e participação do professor. Mas, como motivar os estudantes e professores para a importância destas atividades extracurriculares? Como atender as Diretrizes Curriculares Nacionais do Conselho Nacional de Educação? Ou melhor, como formar engenheiros capacitados a intervir e atuar na sociedade de forma crítica e criativa?

Este texto relata a experiência de dois Projetos de Extensão envolvendo professores, estudantes de engenharias (de alimentos, de computação, elétrica e mecânica) e a comunidade. São apresentados alguns dados referentes aos Projetos de Extensão, os procedimentos, estratégias e ações adotadas na extensão, os resultados dos projetos e, em considerações finais deste trabalho, algumas sugestões de ações para a melhoria das atividades de extensão são apresentadas.

2. FORMAÇÃO ÉTICA E HUMANÍSTICA DO ENGENHEIRO

O desenvolvimento de atividades complementares nas matrizes curriculares dos cursos de engenharias de alimentos, de computação, elétrica e mecânica da UFG têm por objetivo proporcionar oportunidades de participação do aluno em outros setores do conhecimento que não façam parte do currículo pleno, ao longo do curso de engenharia, sob diversas formas de participações.

Nos Projetos Pedagógicos dos Cursos (PCs) da Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação da UFG (UFG, 2008), consta que, o aluno realizará uma carga horária de no mínimo 100 horas referente às Atividades Complementares, incluindo o incentivo também a trabalhos voluntários. Portanto, foi elaborado o projeto de extensão Formações Ética e Humanística do Futuro Profissional Engenheiro, que visa desenvolver estas atividades, motivando e proporcionando condições para diversas ações junto à sociedade.

2.1 PROCEDIMENTOS, ESTRATÉGIAS E AÇÕES

A Metodologia deste projeto baseia-se em:

- a) Identificar as ações estratégicas e as entidades participantes;
- b) Planejar as ações e as atribuições de tarefas entre a equipe do projeto; e
- c) Avaliar os resultados e as propostas de melhorias para o projeto.

Durante a vigência do projeto de extensão as ações e as entidades sem fins lucrativos participantes foram identificadas e realizadas pelos estudantes participantes do projeto de extensão (incluindo os

estudantes dos Programas PROBEC e PROVEC da UFG), visando a integração da comunidade acadêmica e a comunidade externa à Universidade, sendo elas:

- a) Campanha Natal Solidário: foram arrecadados mantimentos e entregues à uma entidade sem fins lucrativos que auxilia os pacientes menores de idades portadores de câncer, fornecendo abrigo para seus responsáveis e para eles que encontram-se em fase de tratamento no hospital da cidade de Goiânia;
- b) Palestra na Aula Inaugural da EMC/UFG para todos os alunos ingressantes dos três cursos de engenharia (elétrica, mecânica e de computação) com o título: Profissional Engenheiro, Mercado de Trabalho, Ética e Formação Humanística;
- c) Doação de Sangue em parceria com outro projeto de extensão da UFG (Vidas por Vidas do ICB/UFG): com a participação dos alunos de engenharia e da comunidade externa à Universidade;
- d) Envolvimento dos alunos ingressantes por meio da arrecadação de mantimentos: que foram entregues à uma entidade sem fins lucrativos que presta auxílio às crianças portadoras de deficiências físicas e mentais (no primeiro semestre de 2011) e no asilo (no segundo semestre de 2010);
- e) Elaboração de uma rifa de um tanque de combustível: cuja arrecadação será empregada em uma entidade sem fins lucrativos com a aquisição de equipamentos ou materiais necessários;
- f) Palestras dos estudantes de engenharia pertencentes ao projeto de extensão em escolas públicas com o título: Engenharia e Meio Ambiente; e
- g) Reuniões em grupo com reflexões sobre trabalhos voluntários como atividade complementar: sua importância e suas dificuldades de concretização.

2.2 RESULTADOS

Os estudantes dos cursos de engenharia tiveram a oportunidade de colocar em prática as atividades complementares relacionadas às relações existentes entre área tecnológica (educação tecnológica) e a sociedade (responsabilidade social), que visam além das qualidades profissionais inerentes dos seus cursos, uma formação mais humanística, crítica e reflexiva acerca dos aspectos sociais e econômicos.

As dificuldades encontradas pelos estudantes e pelos participantes deste projeto de extensão, na concretização dos trabalhos voluntários, foram: pouco comprometimento das pessoas em participar

de ações voluntárias por motivos diversos, desinteresse no assunto, e alguns requisitos administrativos de entidades. Porém, os resultados obtidos foram muito significativos porque atingiram os objetivos apresentados, conforme ilustram as Figuras 1, 2 e 3, em relação às ações descritas no item anterior.



(a)



(b)

Figura 1 - Primeira e segunda ações.



(c)



(d)

Figura 2 - Terceira e quarta ações.



(e)



(f)

Figura 3 - Quinta e sexta ações.

Estas ações tiveram como resultado:

- a) o envolvimento dos estudantes ingressantes e veteranos (dos cursos da área tecnológica - engenharia) em atividades voluntárias voltados para a sociedade;
- b) a participação efetiva dos estudantes na aula inaugural, onde foram apresentadas e destacadas a atuação no mercado de trabalho e as formações ética e humanística;
- c) a conscientização da importância da ação de doação voluntária de sangue que foi realizada dentro da Instituição de Ensino (na EMC/UFG), e contou com a participação da comunidade externa e interna à UFG, com um resultado além da esperado: com 80 doadores durante o processo de coleta que durou cinco horas;
- d) a apresentação das palestras realizadas pelos estudantes de engenharia do projeto de extensão que foram ministradas em escolas públicas para um público de aproximadamente duzentos e cinquenta (250) estudantes do terceiro ano do ensino médio, com informações: sobre a importância do meio ambiente diante do desenvolvimento tecnológico (com destaque na geração de energia elétrica por meio de fontes de energias renováveis); e também sobre o exercício das profissões de engenheiros. Cabe ressaltar que, elas despertaram e esclareceram importantes tópicos para os interessados em participarem de processos seletivos de universidades e de faculdades.

3. ENGENHARIA NAS ESCOLAS – MÓDULO DE ROBÓTICA

Este projeto de extensão trata-se da iniciativa de jovens empreendedores, alunos de engenharia, integrantes da área de pesquisa e desenvolvimento da ELO Engenharia Júnior, empresa júnior da

Universidade Federal de Goiás. A sua importância refere-se à interação dos docentes, técnicos e estudantes dos cursos de graduação em engenharias (Elétrica, Mecânica e de Computação) com os estudantes do ensino fundamental e do ensino médio, por meio de aulas práticas e teóricas ministradas nas Escolas Públicas.

Os objetivos deste projeto são:

- a) transmitir conhecimentos sobre engenharia e tecnologia aos alunos de ensinos fundamental e médio, de forma a conscientizá-los sobre as suas aplicações no dia-a-dia; e
- b) motivar e despertar a curiosidade e o interesse, de jovens e de crianças, possibilitando o desenvolvimento prático de habilidades pessoais como: organização, raciocínio lógico, cooperativismo, liderança, empreendedorismo, e a criatividade na resolução de problemas.

O critério de escolha deste módulo de robótica como projeto específico de engenharia baseou-se na ampla atuação e na importância do tema. Visando também, a oportunidade de desenvolvimento de um robô de baixo custo, onde os alunos das escolas públicas podem ter condições de construir um para eles próprios, aproximando o assunto abordado à realidade, e exemplificando que nem sempre um produto tecnológico é caro e muito difícil de ser obtido.

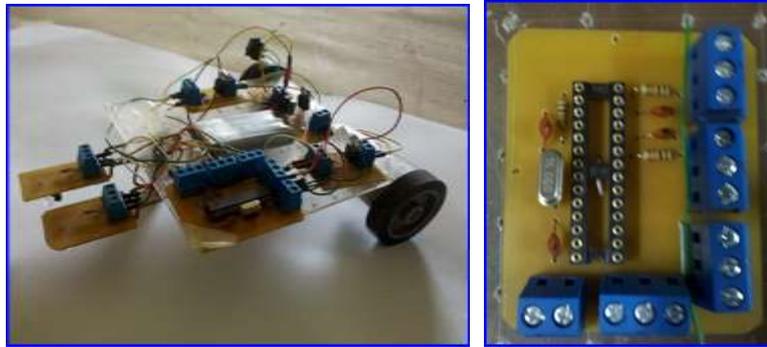
3.1. PROCEDIMENTOS, ESTRATÉGIAS E AÇÕES

Este trabalho referente à área de robótica apresenta um, dos seis módulos que compõem este projeto de extensão como um todo. O público alvo são os estudantes de escolas públicas de ensino fundamental e de ensino médio, localizadas em Goiânia e na região metropolitana, visando abranger a área de conhecimento em Engenharias, incluindo as temáticas Tecnologia e Educação.

A metodologia deste projeto baseou-se em:

- a) identificar as ações e as escolas públicas participantes;
- b) planejar as ações e as atribuições de tarefas entre a equipe do projeto;
- c) desenvolver projetos específicos de engenharia por meio de kits de baixos custos;
- d) elaborar aulas práticas e teóricas sobre os projetos específicos de engenharia;
- e) avaliar os resultados e apresentar propostas de melhorias relacionadas à área de educação;
- g) divulgar as informações e os resultados por meio de artigos científicos.

Este módulo contempla o desenvolvimento de um robô seguidor de linha de baixo custo, que é composto por um microcontrolador Arduino™ (BANZI, 2008) adaptado pelos estudantes participantes do projeto, uma placa de acrílico, dois motores DC, dois drivers de motores, dois sensores de luz e uma bateria de 7,2V. A Figura 4 ilustra o robô de baixo custo desenvolvido neste trabalho.



(a)

(b)

Figura 4 - Robô de baixo custo desenvolvido: a) vista superior; e b) processador.

A placa de suporte acrílica tem a dimensão de 15x15 cm², e foi perfurada com equidistância de dois centímetros para poder parafusar os componentes. A escolha do uso do acrílico é por ser mais didático, porém ele pode ser substituído por sucatas.

O processador utilizado no robô é baseado na plataforma Arduino™, que é um hardware livre (BANZI, 2008). A partir dele, foi personalizado portas de saídas e entradas limitadas. Esta placa customizada é composta por microcontrolador ATmega168 e 4 saídas, sendo duas para sensores de luz e duas para drivers de motores, uma entrada para fonte de energia, um oscilador de 16MHz, quatro capacitores de 22pF e três resistores de 10kΩ.

O sensor de luz do robô é um sensor simples composto por um resistor de 220Ω, um LED de alto brilho e um resistor dependente de luz (LDR). O LDR é encapsado por termoretrátil com finalidade de diminuir a interferência de outras fontes de luz. Enquanto que, o módulo de driver do motor, serve para fornecer a corrente suficiente para os motores, pois a energia elétrica fornecida pelo microcontrolador é incapaz de movê-los. No desenvolvimento foram aplicados os conceitos de circuitos elétricos e eletrônicos (DORF, 2008), (SEDRA, 2007), e no caso do driver do motor, os componentes utilizados foram: um transistor TIP120, uma resistência de 1 Ω e um diodo 1N4001.

Nesta fase inicial deste projeto de extensão foram realizadas atividades no Colégio Dom Abel SU, localizado no Setor Universitário de Goiânia, abrangendo:

- dez (10) estudantes do 9º Ano do ensino fundamental (do período matutino) em aulas práticas, utilizando os kits e também os recursos computacionais do laboratório de informática do próprio colégio; e
- aproximadamente setenta e cinco (75) estudantes de todas as turmas do ensino médio (primeiro, segundo e terceiro anos do período noturno), cujos resultados são apresentados a seguir.

3.2. RESULTADOS

Os estudantes do ensino fundamental e do ensino médio tiveram conhecimentos de aplicações práticas dos conteúdos das disciplinas de matemática e de física, esclarecendo e despertando o interesse de aprendizagem sobre a área de exatas. Além disso, os conceitos básicos de robótica, de eletrônica e de linguagem de programação, auxiliaram-nos a compreender algumas das atuações do engenheiro em benefício da sociedade, do meio ambiente e do desenvolvimento tecnológico.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os crescentes aumentos do desenvolvimento tecnológico e das responsabilidades dos profissionais de engenharia exigem as suas práticas com qualidades, e com habilidades além do conteúdo específico dos seus cursos. O profissional necessita ter uma visão geral das potencialidades e dos problemas do país (SILVEIRA E BAZZO, 2007). Educar ultrapassa a simples transmissão de conceitos, implica promover o desenvolvimento intelectual e social, de maneira a estimular a criatividade, a criticidade e a habilidade de aprender de forma constante e autônoma, acompanhando as mudanças da sociedade. O desenvolvimento científico-tecnológico induz a criação e o aperfeiçoamento de novos conhecimentos e técnicas, de suas aplicações e, conseqüentemente, exige amplos programas de formação de recursos humanos em seus vários níveis. Embora isso seja uma necessidade, parece haver dúvidas quanto a sua efetivação (SILVEIRA E BAZZO, 2007).

O Projeto de Extensão Formação Ética e Humanística do Futuro Profissional Engenheiro desenvolvido na UFG proporcionou reflexões e discussões sobre ética e sobre a responsabilidade social na formação humanística dos futuros engenheiros, não apenas como objeto teórico de estudo, mas como experiência prática, em contato com as comunidades interna e externa à Universidade, sob a forma de trabalhos voluntários na área de educação em engenharia

O Projeto de Extensão Engenharia nas Escolas – Módulo Robótica proporcionou aos estudantes do ensino fundamental e do ensino médio conhecimentos de aplicações práticas dos conteúdos das disciplinas de matemática e de física, esclarecendo e despertando o interesse de aprendizagem sobre a área de exatas. Além disso, os conceitos básicos de robótica, de eletrônica e de linguagem de programação, auxiliaram-nos a compreender algumas das atuações do engenheiro em benefício da sociedade, do meio ambiente e do desenvolvimento tecnológico.

Portanto, pode-se dizer que os objetivos destes projetos de extensão foram atingidos com sucesso, de forma significativa, de ambas as partes, das instituições de ensino envolvidas e da sociedade.

As Diretrizes Curriculares estabelecem que, cada curso de Engenharia deve possuir um projeto pedagógico que demonstre claramente como o conjunto das atividades previstas garantirá o perfil desejado de seu egresso e o desenvolvimento das competências e habilidades esperadas. Mas, não basta constar no PPC que as atividades complementares têm como objetivo garantir ao estudante uma visão acadêmica e profissional mais abrangente da Engenharia e áreas afins. Ele deve destacar que as componentes curriculares de formação acadêmica e profissional, complementam o perfil do profissional desejado, realizadas pelo aluno no período destinado à integralização curricular, e que o estudante poderá cumprir uma determinada carga horária referente às Atividades Complementares através de alguma modalidade de trabalho voluntário interagindo com a sociedade. Para efetivar o proposto no PPC exige-se estratégias organizacionais com ações planejadas, integradas e avaliadas como os dois exemplos apresentados neste trabalho. Dessa forma, conclui-se que este tipo de atividade contribui significativamente para desenvolver a capacidade de trabalho em equipe e para a formação ética e humanística do futuro profissional de Engenharia.

AGRADECIMENTOS

A Pró-Reitoria de Extensão e Cultura da UFG e a todos que participaram de forma direta ou indireta na realização destes projetos de extensão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANZI, Massimo. Getting Started with Arduino. O'REILLY, 2008, 118p.

DORF, Richard C. Introdução aos Circuitos Elétricos. LTC, 2008. 816p.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - MEC. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Resolução Nº 2, de 24 de abril de 2019. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 22 abr. 2021.

RIBEIRO, C.J.; De CASTRO, R.N.A.; NOGUEIRA, R.G.; MARRA, E.G.; GUIMARÃES, G.; MATIAS, L.; GONÇALVES, M.A.B. Revisão Curricular do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Goiás. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia -COBENGE. São Paulo, SP, 2008.

SEDRA, Adel S. Microeletrônica. PEARSON, 2007. 864p.

SILVEIRA, RMCF; BAZZO, W.A. Educação Tecnológica: Qual o seu papel? Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE. Curitiba, PR, 2007.

UFG. Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação, Universidade Federal de Goiás. Projeto pedagógico do curso de engenharia elétrica. Goiânia, 2008, 77 p. Disponível em: <www.emc.ufg.br>. Acesso em: 18 maio 2021.

_____. Atividades Complementares. Resolução 01/2014 do Conselho Diretor da EMC/UFG. Goiânia, 2015. Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/440/o/Resolu%C3%A7%C3%A3o_EMCUFG_-_012015_-_Aproveitamento_das_Horas_de_Atividades_Complementares.pdf. Acesso em: 23 abr. 2021.

UFG. Universidade Federal de Goiás. Regulamento Geral dos Cursos de Graduação (RGCG). Resolução CONSUNI No 1557R de dezembro de 2017. Disponível em:

https://sistemas.ufg.br/consultas_publicas/resolucoes/arquivos/Resolucao_CEPEC_2017_1557R.pdf. Acesso em: 23 abr. 2021.

_____. Resolução CEPEC Nº 858. Goiânia, 2008.

Capítulo 29



10.37423/210504124

FERRAMENTAS DE ENSINO DE PLD E VHDL PARA CURSOS DE CURTA DURAÇÃO: UMA PROPOSTA BASEADA EM KITS DIDÁTICOS MODULARES

Michel Guterres

Instituto Federal Santa Catarina

Francisco Édson Nogueira de Mélo

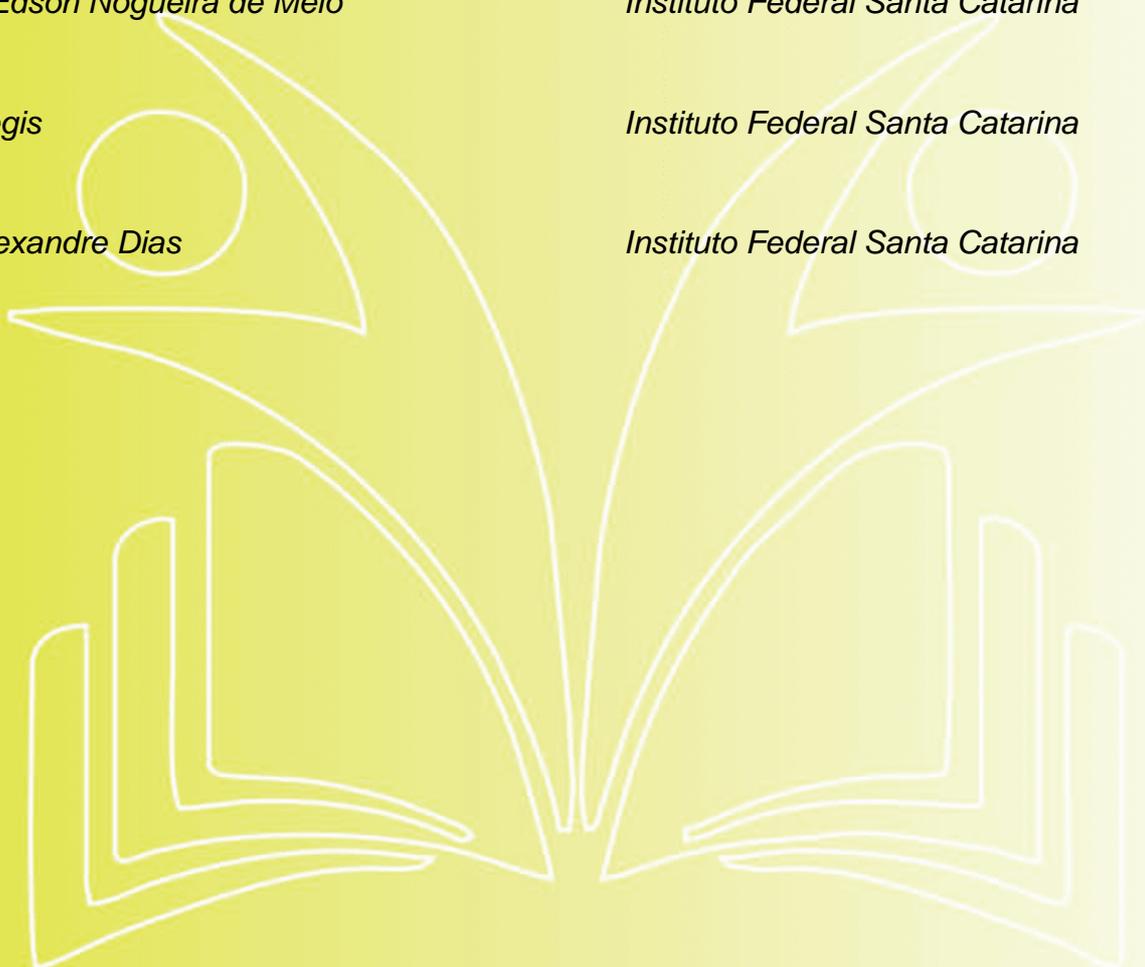
Instituto Federal Santa Catarina

Adriano Regis

Instituto Federal Santa Catarina

Roberto Alexandre Dias

Instituto Federal Santa Catarina



Resumo: *Esse artigo discute uma proposta de métodos e ferramentas para um curso desenvolvido sobre a implementação da linguagem VHDL em projetos didáticos utilizando kits didáticos e modulares, caracterizando o ambiente integrado de aprendizagem proposto. Apresenta-se também uma proposta de curso com duração de cinco dias, abordando os principais tópicos de programação em VHDL, e demonstrando exemplos didáticos para cada assunto.*

Palavras-chave: *VHDL, Curso, Treinamento, VHDL em CPLD e FPGA, Lógica Programável.*

1. INTRODUÇÃO

O VHDL é uma linguagem que descreve a estrutura ou comportamento de um sistema ou componente de hardware, desenvolvida nos anos de 1980 pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos como um padrão para a documentação de dispositivos normalizada pelo IEEE no ano de 1987. Tornando-se de domínio público, a linguagem VHDL se tornou um tópico importante da Engenharia Eletrônica, pois dentre suas vantagens estão: facilidade de atualização de projetos, flexibilidade na escolha de ferramentas e fornecedores, utilização de simulação para verificar o comportamento do sistema digital e permitir descrever o hardware em diversos níveis de abstração, por exemplo, em algoritmo, comportamental e transferência entre registradores.

No entanto, estando o projeto de circuitos integrados dedicado restrito às empresas de grande porte e provedores de soluções, em um primeiro momento a utilização do VHDL ficou restrita aos provedores de soluções ASIC (Application Specific Integrated Circuit).

Em 1991, Makimoto analisou as tendências da indústria de circuitos integrados, que oscilavam entre soluções padronizadas e personalizáveis em ciclos de 10 anos, e propôs que entre 1997 e 2007 haveria uma demanda pelos “campos programáveis” de dispositivos reconfiguráveis, padronizados na indústria, porém personalizadas na aplicação (MAKIMOTO, 1991). Em concordância com essa previsão surgiram os dispositivos lógicos programáveis PLDs, possuindo como característica principal a capacidade de reconfiguração pelo usuário, eliminando partes do processo de fabricação do chip tradicional e facilitando desta forma as mudanças de projeto.

Como uma evolução tecnológica surge os FPGAs (Field Programmable Gate Array, em português Arranjo de Portas Programável em Campo), que são dispositivos capazes de atender à demanda de projetos grandes e complexos devido à alta densidade lógica e baixo tempo de resposta. Devido às vantagens de uma implementação de lógica em Hardware, os FPGAs podem ser utilizados em diversas áreas de uso dos sistemas embarcados segundo Józmiak, Nedjah e Figueroa (2010), oferecendo maior desempenho, menor consumo e menor tempo de desenvolvimento em relação às soluções baseadas em processadores convencionais ou microcontroladores.

No entanto, atualmente uma das desvantagens da implementação em hardware é a escassez de profissionais que conheçam os conceitos de lógica reconfigurável e dominem suas ferramentas de projeto. De fato, a falta de domínio desse recurso tem restringido a aplicação de lógica reconfigurável

apenas às soluções onde a implementação exige um desempenho que não pode ser alcançado por microcontroladores ou processadores.

O currículo básico dos cursos da área de Engenharias IV contemplam eixos curriculares que abordam os conceitos fundamentais de um projeto em nível de hardware como, Logica Combinacional e Logica Sequencial. Nesse caso, observa-se que a lacuna está na implementação, ou seja, no domínio das ferramentas (ambientes de desenvolvimento) e linguagens (VHDL, por exemplo) de desenvolvimento de lógica em hardware.

O curso proposto nesse artigo visa promover uma formação básica na implementação de soluções de projeto de hardware em Lógica Programável, com o uso de uma abordagem prática, incluindo diversos projetos didáticos elementares, em um conjunto modular de experimentação (kits didáticos) disponibilizada aos participantes durante o treinamento.

O curso proposto tem uma carga horária de 20 horas-aula, e apresenta aos participantes as principais estruturas da linguagem VHDL, o ambiente de desenvolvimento e algumas de suas ferramentas, além dos kits didáticos e modulares. Para garantir a compreensão dos tópicos tratados, são utilizados exemplos introduzidos no ambiente de desenvolvimento e testados nos kits didáticos.

2. KITS DE DESENVOLVIMENTO EM FPGA

Com o intuito de garantir aos alunos um maior envolvimento com a tecnologia durante o curso, estão disponíveis kits didáticos e modulares desenvolvidos pelo grupo FPGA PARA TODOS (<http://fpgaparatodos.com.br>), permitindo o desenvolvimento de exercícios práticos em cada tópico teórico. Tais kits possibilitam ao aluno observar o funcionamento dos projetos apresentados durante o curso e, progressivamente, realizar a alteração ou variação de determinados parâmetros de maneira criativa.

Como forma de abranger o maior número de variações de experimentos propostos pelo professor ou pelos próprios alunos, os kits desenvolvidos utilizam um conceito de construção modular. Essa construção modular utiliza módulos principais e módulos periféricos de hardware, fazendo com que o aluno possa variar o circuito elétrico final de seu protótipo através de conexões simples, sem necessidade de soldagem de componentes ou conhecimento profundo sobre os circuitos a serem interligados.

A construção modular permite que os experimentos sejam montados e testados rapidamente e com segurança, garantindo que o aluno dedique a maior parte do tempo nos objetivos principais do curso. A seguir se apresenta uma breve descrição dos recursos já desenvolvidos.

2.1.KITS

Com o intuito de garantir os alunos um maior envolvimento prático com a tecnologia durante o curso, disponibilizar-se-á kits didáticos e modulares que permitem a gravação e Verificação do funcionamento dos projetos propostos durante o curso. A construção modular dos kits, baseada em módulos principais e módulos periféricos, permite que experimentos possam ser montados e testados com maior agilidade.

Módulos principais

Três modelos de módulo principal de lógica programável estão disponíveis para os alunos durante o curso, sendo esses módulos apresentando diferentes níveis de complexidade e capacidade de programação.

Para projetos menores (ou futuros protótipos de baixo curso) utiliza-se a placa com o CPLD EMP7064, um segundo módulo baseado em CPLD disponível pertence à família MAX da Altera, e para projetos avançados é disponibilizado para os alunos um módulo baseado em FPGA da família Cyclone_IV também da Altera com o dispositivo EP4CE15E22C8. A figura 1 e a tabela 1 apresentam respectivamente, uma foto desses três módulos e suas características técnicas.



Figura 1 – Módulos Principais

Tabela 1 – Comparação Módulos Principais.

Módulo/ Componente	Recurso do Componente	Recursos da Placa		
		Pinos I/O	Clock	Periféricos
CPLD_Max_7000S/ EMP7064SLC44	Número de Macrocelulas: 64 Blocos de matriz lógica: 4 Número máximo de entradas e saídas: 68 Tensão de entrada e saída (V): 3.3 e 5. Entradas globais de clock: 2	26	24MHz	10 frequências de Clock selecionáveis
CPLD_Max_V/ 5M240ZT100	Elementos Lógicos: 240 (equivalente 192 macrocelulas) Memória flash: 8 Kb Tensão de entrada e saída (V): 1.2, 1.5, 1.8, 2.5, 3.3 Entradas globais de clock: 4	48	24MHz	8 leds, led RGB, Buzzer, 6 botões.
FPGA_Cyclone_IV/ EP4CE15E22C8	Elementos Lógicos: 15 Blocos de Memórias M9K: 56 Embedded memory: 504 Multiplicador 18 x 18: 56 Tensão de entrada e saída (V): 1.2, 1.5, 1.8, 2.5, 3.3 Entradas globais de clock: 20	32	50MHz	6 botões, 8 leds.

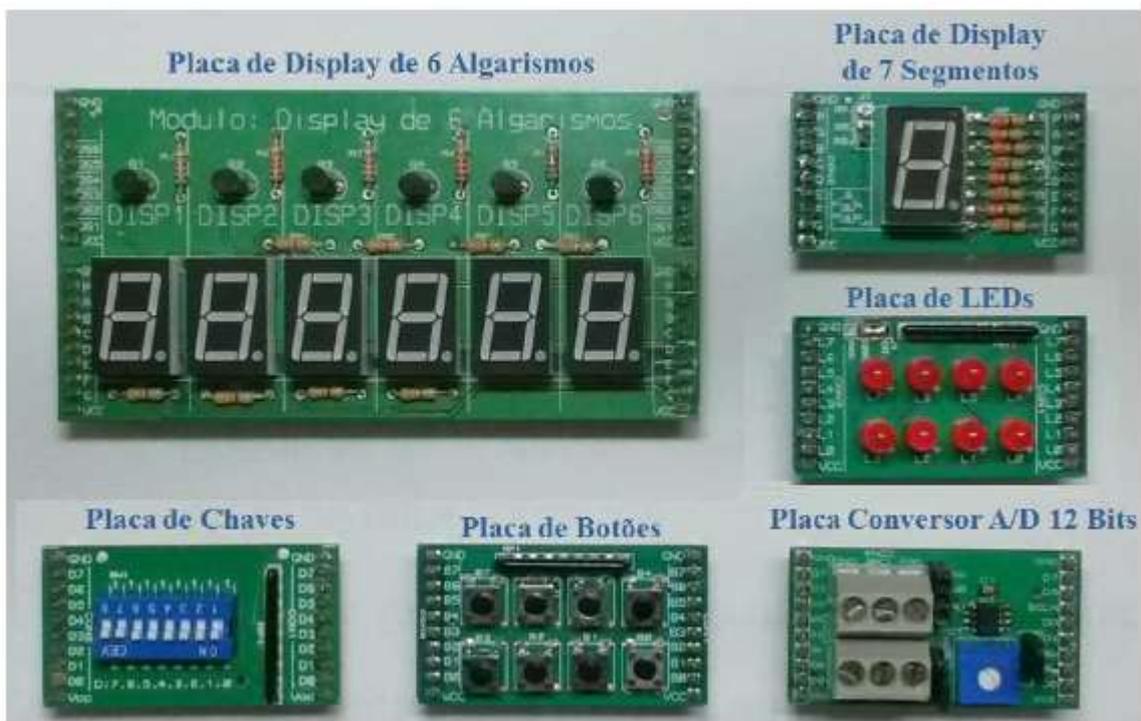
Módulos Periféricos

Os módulos periféricos são placas eletrônicas com funções distintas de entrada ou de saída (sensores e atuadores), permitindo uma ampla variedade de experimentos.

As placas foram projetadas com o intuito de possibilitar ao aluno, com domínio ainda restrito em eletrônica, montar e propor seus experimentos. Agregando versatilidade ao conjunto didático, estes módulos periféricos podem ser utilizados em treinamentos de outros sistemas embarcados, como micro controladores ou interfaceamento com PC via USB.

Um curso introdutório prevê a aplicação dos seguintes módulos periféricos: placa de chaves, placa display de sete segmentos, placa de display de seis algarismos, placa de botões, placa de led e placa leitor ADC.

Figura 2 – Módulos Periféricos



2.2.AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO

Considerando a escolha por tecnologias da fabricante Altera no desenvolvimento dos módulos principais, optou-se também pelo ambiente de desenvolvimento Quartus II (versão 13.1 ou 13.0), cuja versão gratuita encontra-se disponível pra download no site do fabricante (Altera) na data da publicação desse artigo. A versão gratuita permite que os alunos possam continuar seus estudos nas suas casas, em seus próprios computadores, sem o compromisso de adquirir um software de alto custo.

2.3.AMBIENTE VIRTUAL

Todo o material necessário para que os alunos possam acompanhar o curso são disponibilizados em um Ambiente Virtual de Ensino Aprendizagem (AVEA). O acesso ao ambiente é controlado, provendo ao instrutor recurso para verificar a evolução do treinando, ou personalizar o atendimento após a finalização do curso. Os materiais disponíveis no Ambiente Virtual do curso são os seguintes:

Apresentações

Os conceitos teóricos básicos são introduzidos de forma simples, em apresentações multimídia, acompanhados de diversos exemplos práticos. O material didático é desenvolvido em software aberto, e disponibilizado posteriormente a outras instituições como referência de curso para ser livremente ajustado de acordo com suas necessidades.

Projetos

Diversos exemplos de códigos em VHDL são desenvolvidos ao longo dos cinco dias de curso e testados por simulação nos diferentes módulos didáticos, propiciando ao aluno uma sólida compreensão de conceitos abordados e a oportunidade de começar a sua “biblioteca de modelos” que poderão ser utilizados em projetos futuros, e a experiência com os aspectos práticos de construção de pequenos sistemas digitais funcionais. Estes exemplos estão disponíveis na plataforma AVEA.

Tutoriais

Tutoriais multimídias são utilizados para mostrar passo a passo o desenvolvimento de programas que apresentam algum novo conceito em VHDL ou uma nova ferramenta do Quartus II.

Fotos e Vídeos

Todos os programas apresentados nos cinco dias possuem fotos e vídeos do seu funcionamento.

3. PROGRAMA DE TREINAMENTO PROPOSTO

A seguir apresenta-se, a proposta de um curso introdutório (treinamento) a linguagem VHDL e Dispositivos Lógicos Programáveis. O curso foi dividido em cinco encontros, onde o participante é apresentado aos conceitos teóricos juntamente com o desenvolvimento de projetos básicos de lógica programável. Essa estrutura curricular tem sido adotada e melhorada em treinamentos realizados no Instituto Federal de Santa Catarina-IFSC e Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, para alunos de Cursos Superiores de Tecnologia, Cursos Técnicos e de Engenharia.

A apresentação em ordem cronológica permite ao leitor simular e adequar esse treinamento com maior facilidade às suas necessidades, e transpô-lo a seguir para seu plano de aulas ou plano de ensino. A cada dia são apresentados os tópicos principais a serem discutidos no encontro, e cuja ordem de apresentação pretende satisfazer os pré-requisitos necessários subsequentemente.

3.1.PRIMEIRO DIA

Arquitetura de dispositivos de lógica programável, conceitos básicos:

Neste tópico é feita uma explicação de circuitos combinacionais, circuitos seqüenciais, dispositivos programáveis (PLD, CPLD, FPGA).

São apresentados os kits didáticos e modulares desenvolvidos pelo grupo FPGA PARA TODOS e que estarão disponíveis para os alunos durante o curso.

Ambiente de Desenvolvimento:

O Quartus II é o último ambiente de desenvolvimento da ALTERA para seus dispositivos CPLD e FPGA. Inclui também avançados recursos para o desenvolvimento de sistemas embarcados (“embedded systems”) com suporte a núcleos de processador e DSP.

Primeiros conceitos em VHDL:

Neste tópico é desenvolvido o primeiro projeto em VHDL, apresentando a estrutura básica de um código VHDL: declaração de bibliotecas/pacotes, entidade e arquitetura.

Projetos desenvolvidos no primeiro dia: e_nibbles : porta "e" de quatro bits somador : exemplo de soma de inteiros com entradas do tipo inteiro soma_e_and: soma aritmética de quatro bits, e porta "e" de quatro bits, com entradas do tipo std_logic_vector. teste_atribuicoes: esse exemplo demonstra a utilização da atribuição de sinais dentro da arquitetura.

3.2.SEGUNDO DIA

Processo Implícito:

Todas as declarações de atribuição implicam em lógica concorrente, operações que executam ao mesmo tempo. A ordem das declarações não implica na modificação do resultado da operação, embora possa resultar menos legibilidade.

Processo Explícito:

Projetos que ocorrem seqüencialmente, concorrentemente entre si e necessitam de uma lista de sensibilidade.

Lista de sensibilidade define sinais que afetam o resultado de um processo. O processo é executado quando um elemento da lista de sensibilidade muda de valor.

Projetos desenvolvidos no segundo dia:

Decodificador 2 x 4, ULA simples, deslocador de 4 bits, display multiplexado.

3.3.TERCEIRO DIA

Simulação com TestBench

Um “**Testbench**” é um arquivo de código HDL que incorpora código que se deseja testar, fornece a ele sinais de entrada e processa os resultados de acordo com o desejado.

A ferramenta de simulação executa o código do **Testbench** e retorna os resultados da simulação, em forma de onda e/ou tabular.

Para testar a simulação com o TestBench é utilizado o projeto int4bits_7seg desenvolvido no dia anterior.

Processo Combinacionais

É um projeto aonde o Processo é sensível a todas as entradas usadas no projeto.

Processos Sequenciais

Projeto sensível apenas a um clock e/ou outro sinal de controle. Para o processo sequencial foram desenvolvidos projetos bem simples, que foram testados usando a ferramenta do tópico anterior (TestBench). Os projetos foram: Flipflop_D, Flipflop_D_clear e o projeto disp_7seg_reg.

O projeto disp_7seg_reg é uma aplicação simples de um registrador de 4 bits, que permite a exibição de um dado de dois algarismos, em displays de sete segmentos a partir de uma entrada de 4 bits.

Uma placa de chaves manda os dados de 4 bits para o FlipFlop. Esses dados só serão exibidos do segundo display quando ocorrer uma subida do clock.

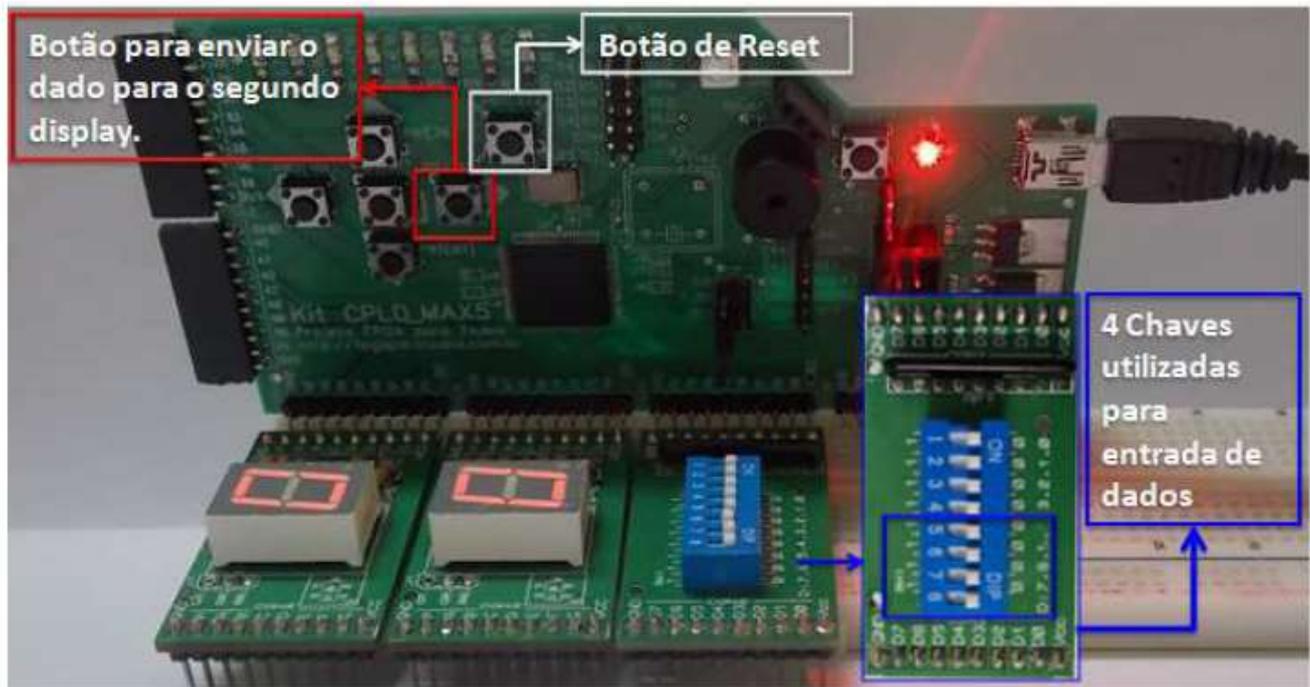


Figura 3 – Projeto disp_7seg_reg

Estudo de blocos de cronometragem

Neste tópico são desenvolvidas algumas formas de contador em VHDL. Os projetos são os seguintes: Bloco_clock (utilizado em projetos), contador_up_down, contador_0_59, base_cronometragem (utilizado no projeto Relógio estrutural do quarto dia).

Estudo do registrador serie paralelo

O projeto Registrador Serie Paralelo pretende aumentar a disponibilidade de pinos de saída em projetos, problemas muitas vezes encontrados.

3.4. QUARTO DIA

Projeto Hierárquico

O projeto hierárquico adiciona ao projeto principal, blocos criados a partir de projetos menores. A vantagem de se trabalhar com projetos hierárquicos é a eficiência no desenvolvimento aonde cada integrante do grupo pode desenvolver um componente diferente em arquivos separados, outra vantagem seria que os componentes desenvolvidos podem ser utilizados em projetos maiores, inclusive para outras projetistas.

Para se utilizar esses blocos (funções) desenvolvidos separadamente é necessário **declarar e instanciar** esses componentes no projeto principal.

Declaração de componente: Estabelece tipos das portas e os tipos de dados. Para a declaração de componente existe uma ferramenta “InsertTemplate” fornecida pelo Quartus.

Instanciação do componente: Mapeia as portas e um componente de mais baixo nível no projeto aos sinais do projeto corrente.



Figura 4 – Sintaxe Instanciação de Componente

O Projeto Hierárquico apresentado no curso é de um relógio estrutural, aonde utiliza projetos menores que foram desenvolvidos nos dias anteriores. Para mostrar as horas é utilizado um display de 6 algarismo.

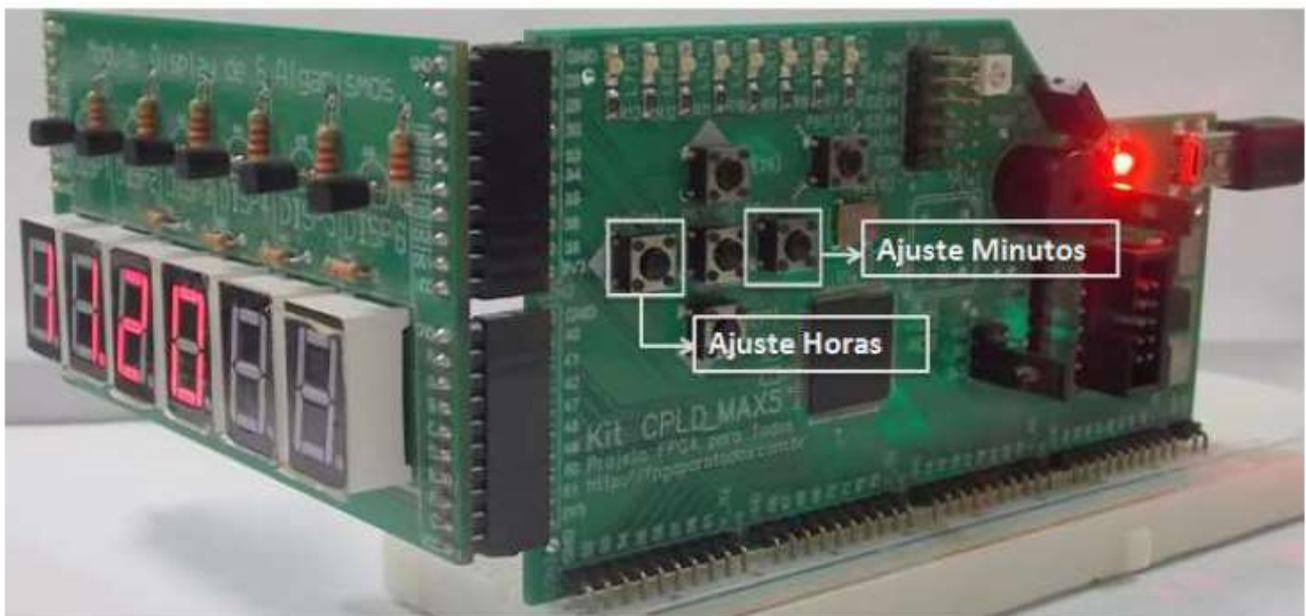


Figura 5 – Projeto Relógio Estrutural

Mega funções

A empresa Altera fornece uma série de funções já prontas, que podem ser modificadas conforme a necessidade do projeto. Para ter acesso a essas Funções e modificá-las basta acessar o assistente **MegaWizard Plug-in Manager** e declarar a biblioteca Imp no início do projeto.

As vantagens da utilização das Megafuncoes são: Padrão industrial, grande blocos de lógicas já prontas, fácil reconfiguração.

Implementação de memória em VHDL

Utilizando o conceito de Mega funções e utilizando o assistente Mega Wizard Plug-in Manager é desenvolvido uma memória que ira armazenar 8 bits em 4 endereços diferentes. Figura 6 – Projeto Mega Memória

3.5.QUINTO

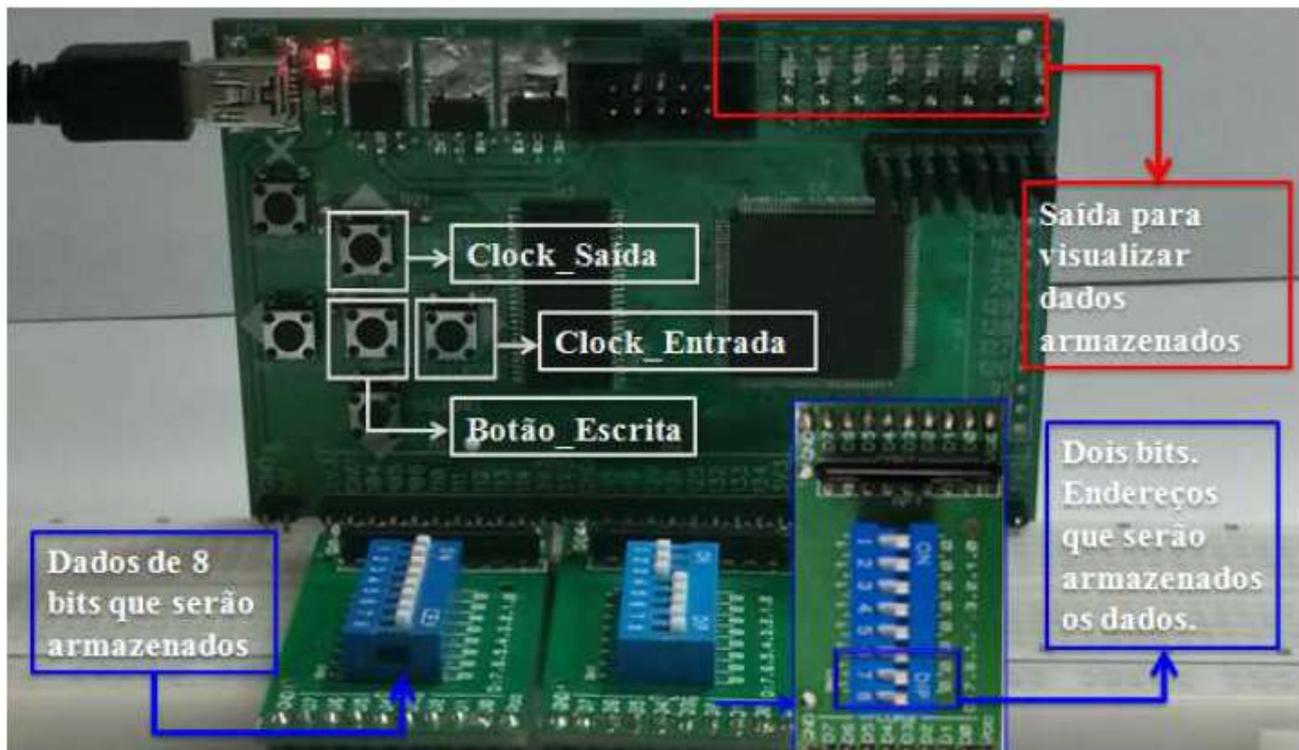


Figura 6 – Projeto Mega Memória

3.5.QUINTO DIA

Máquina de estado

Para o quinto dia o tema abordado foi Máquina de estado, os projetos desenvolvidos foi o acionamento de um motor de passo utilizando Máquina de estado, e uma máquina de estado para fazer a leitura de um AD/C de 12 bits se comunicando via SPI e mostrando o valor lido (valor da tensão em hexadecimal) em um display de 6 algarismos.



Figura 7- Máquina estado Le_ADC_SPI

4. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Considerando os objetivos do curso em capacitar os participantes em lógica reconfigurável, cujo público alvo é composto por estudantes de tecnologia e engenharia em seus diferentes níveis, esse treinamento atende, de forma complementar, as competências e habilidades desenvolvidas durante o curso regular.

A abordagem baseada em experimentos práticos, e kits de desenvolvimento modulares, permite que o aluno domine e proponha soluções para suas necessidades em um tempo reduzido. De fato, essa abordagem permite que alunos vislumbrem a aplicação de

Lógica Reconfigurável em seus projetos (TCCs, Dissertações).

Com poucas alterações, esse treinamento pode ser adaptado para uma capacitação docente para professores que buscam adquirir alguma prática de experimentação com componentes básicos de lógica programável.

Em uma evolução do programa do curso pretende-se explorar novos tópicos no quinto e último, incluindo a análise de temporização e sobre as vantagens da utilização da biblioteca numérica em relação às outras bibliotecas que envolvem operações.

Como trabalhos futuros, sugere-se uma ampla discussão dos resultados da aplicação de treinamentos de lógica reconfigurável realizados em diferentes níveis e cursos, apontando indicadores de desempenho e que realimentem e proponham melhorias para os treinamentos seguintes.

AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem, em especial aos colegas do Projeto FPGA PARA TODOS onde foram desenvolvidos os Kits Didáticos e o material de orientação apresentado nesse artigo, bem como ao Grupo de Sistemas Embarcados e Distribuídos-NERsD onde esse projeto foi desenvolvido juntamente com as demais pesquisas dos professores e bolsistas, permitindo que as atividades sinérgicas e recursos compartilhados do grupo auxiliassem no desenvolvimento das atividades.

Por fim, ao CNPQ e ao IFSC pela concessão das bolsas que permitiu ao estudante participar desse projeto e ingressar em suas primeiras pesquisas acadêmicas.

5. REFERÊNCIAS / CITAÇÕES

ALTERA. Altera Product Catalog. Disponível em:

<<http://www.altera.com/literature/sg/product-catalog.pdf>> Acesso em: 12 junho. 2014.

ALTERA. Download. Disponível em:<<https://www.altera.com/download/sw/dnl-swindex.jsp>> Acesso em: 11 junho. 2014.

COSTA, Cesar de. Elementos de lógica programável com VHDL e DSP, Teoria e Prática: São Paulo, Érica, 2011. 296 p.

ERCEGOVAC, Milos. Introdução aos sistemas digitais. Porto Alegre: Bookman, 2000. 453 p.

FPGA PARA TODOS. Exemplos com CPLP. .Disponível

em:<<http://fpgaparatodos.com.br/exemplos-de-aplicacao/exemplos-didaticos.html>> Acesso em: 24 maio. 2014.

JOZWIAK, Lech; NEDJAH, Nadia; FIGUEROA, Miguel. Modern development methods and tools for embedded reconfigurable systems: A survey. Integration: the VLSI journal, Philidelphia, p. 1-33. 25 jun. 2009.

MARCON, César Augusto Missio et al. Modelagem e Descrição de Sistemas Computacionais - Um Estudo de Caso de Comparação das Linguagens VHDL e SDL. In: Iberchip, 2002, Guadalajara, Mexico. VIII Work Shop Iberchip. Los Alamitos: IEEE computer society, 2002. v. 1. p. 1-5.

MAKIMOTO, Tsugio. The Hot Decade of Field Programmable Technologies. Sony Corporation, Tokyo, n. , p.1-4, 01 jan. 1991.

PREDONI, Volnei. Eletrônica digital moderna com VHDL. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 619 p.

STEINBACH, R. ; MELO, F. E. N. ; DIAS, R. A. . Fpga Para Todos: Um Projeto Para a Disseminação da Tecnologia de Lógica Programável. In: COBENGE - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2011, Blumenau /SC. XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE 2011, 2011. v. 1.`

Capítulo 30



10.37423/210504126

TRIÓXIDO DE MOLIBDÊNIO (MOO_3) SUPORTADO NA PENEIRA MOLECULAR SBA-15 PARA APLICAÇÃO NA REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO

Bruno Taveira da Silva Alves

Universidade Federal de Campina Grande

Bianca Viana de Sousa Barbosa

Universidade Federal de Campina Grande

José Jailson Nicácio Alves

Universidade Federal de Campina Grande



Resumo: O constante aumento do consumo mundial de combustíveis fósseis tem incentivado o desenvolvimento de novas tecnologias para a produção de combustíveis de fontes renováveis, atendendo as necessidades econômicas e energéticas da sociedade. Entre os combustíveis alternativos, têm-se o biodiesel que é um combustível que pode ser produzido a partir de óleos vegetais ou gorduras animais através da reação de transesterificação com um monoálcool de cadeia curta, na presença de um catalisador. Materiais mesoporosos, como a SBA-15, vem sendo estudados na aplicação da reação de transesterificação por possuir uma estrutura hexagonal com microporos interconectados, apresentando uma elevada área superficial, estabilidade térmica e tamanho de poros uniformes. A adição de um óxido metálico, como o trióxido de molibdênio, possibilita o aumento da atividade catalítica e seletividade, melhorando seu desempenho na reação de transesterificação. O presente trabalho tem como objetivo sintetizar, caracterizar e avaliar na reação de transesterificação o catalisador trióxido de molibdênio suportado na peneira molecular SBA-15. O trióxido de molibdênio foi incorporado à peneira molecular SBA-15, já sintetizada, em dois percentuais: 10% e 15%, através da técnica de impregnação por via seca. Os materiais foram caracterizados por análise termogravimétrica, difração de raios X e adsorção/dessorção de nitrogênio. Os difratogramas confirmaram a incorporação do óxido metálico a partir das fases do óxido de molibdênio na estrutura da peneira molecular. O óleo obtido foi avaliado de acordo com a norma da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis através das técnicas de cromatografia gasosa, massa específica e índice de acidez.

Palavras-chave: Material mesoporoso, biocombustível, catálise heterogênea, biodiesel.

1 INTRODUÇÃO

Fatores econômicos, políticos, sociais e ambientais têm conduzido ao desenvolvimento de combustíveis alternativos, dentre os quais se destaca o biodiesel. O método para obtenção do biodiesel mais utilizado na indústria é a transesterificação alcoólica utilizando-se catalisadores homogêneos, devido ao processo ser mais rápido e requerer temperaturas mais amenas. Consiste na reação entre um triglicerídeo e um monoálcool primário, geralmente metanol ou etanol, gerando uma mistura de ésteres dos ácidos graxos correspondentes, liberando glicerol como subproduto. (FABIANO, 2010; PEREIRA, 2016). A catalise homogênea sofre limitações quanto a recuperação do catalisador e da glicerina, sendo necessário várias lavagens com água para a purificação do produto final. Desse modo, a catálise heterogênea oferece vantagens quanto a purificação dos monoésteres alquílicos (ALVES *et al.*, 2017).

A peneira molecular SBA-15, desenvolvida e sintetizada na Universidade da Califórnia – Santa Bárbara, EUA apresenta em sua estrutura hexagonal mesoporosa e interligados por microporos, possibilitam o alojamento ou a difusão de grandes moléculas, o que confere uma vasta aplicabilidade na área de catálise. Por possuir característica amorfa, é necessário a adição de metais para melhorar seu desempenho catalítico. As rotas de impregnação podem ser divididas em procedimentos que incorporam o metal diretamente na síntese do material. E os métodos em que o material é sintetizado na forma de silício e após pronto ocorrem com a incorporação do metal de interesse (SCHWANKE *et al.*, 2016).

Os catalisadores de trióxido de molibdênio (MoO_3) estão associados a processos de redução e oxidação, uma vez que o alto estado de oxidação deste tipo de metal pode possibilitar a sua atuação tanto como sítios ácidos de Lewis quanto de Brønsted-Lowry. Em virtude destas características químicas, a aplicação destes óxidos na obtenção de biodiesel apresenta-se como uma opção viável para a indústria de biocombustíveis (SILVA, 2011).

Portanto, este trabalho teve como objetivo a incorporação do trióxido de molibdênio no suporte mesoporoso SBA-15, com teores de 10% e 15% em massa por meio da técnica de impregnação seca para obtenção do catalisador $\text{MoO}_3/\text{SBA-15}$ para posterior aplicação na reação de transesterificação do óleo de soja.

2 METODOLOGIA

Síntese do suporte

A síntese da peneira molecular SBA-15 foi realizada através do método hidrotérmico proposto por ZHAO *et al.* (1998) com adaptação de COSTA (2015), que utiliza o etanol como co-solvente.

Inicialmente, o copolímero tribloco Pluronic P123, o ácido clorídrico ($2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) e o co-solvente etanol (P.A.), foram misturados à água deionizada sob agitação contínua até completa solubilização. A fonte de sílica, TEOS, foi gotejada no meio reacional que se manteve em agitação por 2 horas. A solução foi transferida para um rotoevaporador, onde permaneceu sob agitação por 20 horas em uma temperatura constante de 35 °C. O gel formado foi transferido para cadinhos de teflon, encapsulados em autoclaves de aço inoxidável e levados para a estufa para a cristalização à uma temperatura de 80 °C por 48 horas. Formado o núcleo, o material obtido foi resfriado e em seguida lavado com água deionizada em um sistema de filtração a vácuo para a remoção do excesso de direcionador orgânico, até que a solução filtrada atingisse pH 7. O material foi seco em estufa a 60°C, durante 24 horas. A ativação da peneira molecular SBA-15 foi realizada através do processo de calcinação. Em um reator, uma quantidade do material foi aquecida da temperatura ambiente até a temperatura de 500 °C com rampa de aquecimento de $3 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$, em atmosfera de ar a uma taxa de fluxo de $150 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$, permanecendo sob essas condições por 6 horas.

Incorporação do trióxido de molibdênio (MoO₃) ao suporte

O heptamolibdato de amônio tetrahidratado $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ foi impregnado ao suporte SBA-15 a partir de uma solução cujo o volume de água deionizada foi igual ao volume total de poros do material obtido pelo método de BET com os percentuais de 10 e 15% de MoO₃, utilizando-se método por saturação de volume de poro. Na qual, o suporte é seco em estufa à 60° C por 24 horas e subsequentemente o precursor do molibdênio foi impregnado até atingir o ponto de umidade incipiente. Após isso, o material foi seco em estufa a 60° C durante 24 horas. A ativação dos materiais obtidos foi realizada em forno de calcinação sob fluxo de ar sendo aquecido até 550° C, com taxa de aquecimento de $5 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$, com uma vazão de $150 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$, permanecendo sob essas condições por 6 horas. Os catalisadores obtidos nessa etapa foram denominados: 10MoO₃/SBA-15 e 15MoO₃/SBA-15.

Caracterizações dos suportes e catalisadores

Análise termogravimétrica e termodiferencial (TG/DTG): As inflexões foram obtidas utilizando um Thermogravimetric Analyzer TGA-51 Shimadzu acoplado a um computador monitorado pelo Software TA-60 WS Collection Monitor. As amostras foram analisadas na escala da temperatura ambiente a 1000 °C, a uma taxa de aquecimento de 5 °C · min⁻¹ e uma taxa de fluxo de ar de 50 mL · min⁻¹.

Difratometria de Raios-X (DRX): Foi realizada a partir do método de pó, utilizando do equipamento SHIMADZU XRD-6000 com radiação CuK α , operando em uma tensão de 40 kV, corrente 30 mA, tempo por passo de 0,6s e amostras varridas de 2 θ = 0,5° à 10° e 2 θ = 1,5° e 60°.

Adsorção Física de N₂: As análises foram realizadas através do equipamento ASAP 2020. A técnica de BET possibilita a construção de isotermas de adsorção e dessorção gasosa, das quais se extrai informações como a área superficial, volume poroso e distribuição do tamanho de poros.

Avaliação catalítica (reação de transesterificação)

A peneira molecular SBA-15 e os catalisadores 10MoO₃/SBA-15 e 15MoO₃/SBA-15 foram avaliados na reação de transesterificação metílica do óleo de soja, utilizando um reator PAAR modelo 4848 do tipo batelada, operando nas condições apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Condições operacionais para a reação de transesterificação

Variáveis	Condições
Catalisador (m/m)	5%
Razão óleo:metanol	1:20
Temperatura (°C)	150
Tempo (h)	3

As quantidades necessárias de óleo de soja, metanol e catalisador foram determinadas a partir da estequiometria da reação. Concluída a reação, a mistura foi colocada em um funil de decantação, para que houvesse a completa separação das fases. O óleo obtido foi lavado em dois ciclos, primeiramente com uma solução 2 mol · L⁻¹ de ácido clorídrico (HCl) e em seguida com água deionizada até atingir pH = 7. A amostra seguiu para secagem, em contato com sulfato de magnésio (MgSO₄). O óleo obtido foi centrifugado e encaminhado para análise.

Caracterização do óleo obtido

Cromatografia gasosa: Foi realizada com intuito de determinar os percentuais de ésteres metílicos de ácidos graxos nas amostras de biodiesel. Para isso, utilizou o equipamento cromatógrafo a gás, da marca Shimadzu, modelo CG 2010 Plus.

Massa específica: Utilizou-se um Densímetro Portátil DMA™ 35 Basic.

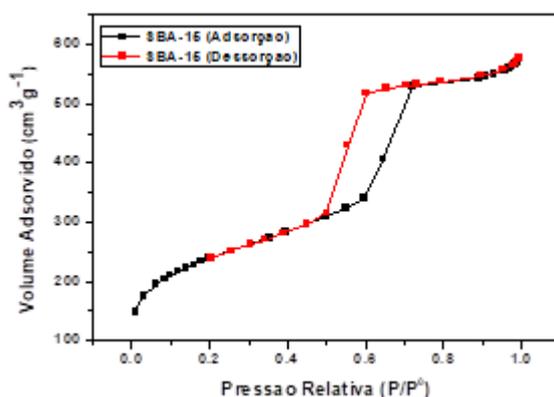
Índice de acidez (IA): Em um erlenmeyer 2 gramas de Biodiesel e adicionou 25 mL de solução de éter etílico e álcool etílico (2:1). Agitou-se a mistura e adicionou-se duas gotas do indicador fenolftaleína. Titulou-se a amostra com NaOH 0,1 M até a mudança de coloração. A partir do volume de KOH gasto na titulação, calculou-se o índice de acidez.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Adsorção física de nitrogênio (Método BET)

O perfil da isoterma de adsorção e dessorção de N₂ da peneira molecular SBA-15 foi analisado para a verificação do volume de poros, necessário para a impregnação do óxido de molibdênio no suporte, através da Figura 1.

Figura 1 – Isotermas de adsorção/dessorção da peneira molecular SBA-15



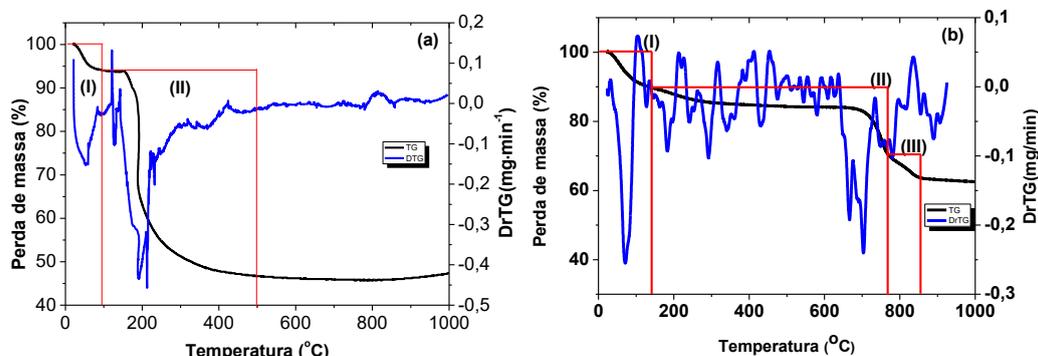
Podem-se observar na Figura 1 que a amostra obteve isoterma do tipo IV. Segundo a classificação das isotermas de Brunauer *et al.* (1938) este comportamento é característico de materiais mesoporosos.

Três regiões podem ser distinguidas nessa isoterma: a primeira, a baixas pressões relativas ($P/P^0 < 0,2$), corresponde à adsorção de N₂ na monocamada; a segunda, ($P/P^0 = 0,45 - 0,72$), ocorre a condensação capilar característica dos materiais mesoporosos, a curva apresenta “loop” de histerese do tipo H1, característica de materiais com sistema de poros cilíndricos; a terceira, ($P/P^0 > 0,72$) ocorre a formação de multicamadas. A peneira molecular SBA-15 obteve como resultados texturais: $S_{BET} = 845,89 \text{ m}^2/\text{g}$; $S_{EXT} = 620,10 \text{ m}^2/\text{g}$; $DP^{Ads} = 52,76 \text{ \AA}$; $DP^{Des} = 47,87 \text{ \AA}$. Tais resultados foram calculados a partir das isotermas, do diâmetro e volume de poros, usando o método de BJH; e a área específica, usando o método de BET.

Análise termogravimétrica e termodiferencial (TG/DTG)

A Figura 2 apresenta a curva termogravimétrica da peneira molecular SBA-15 e do catalisador 15MoO₃/SBA-15.

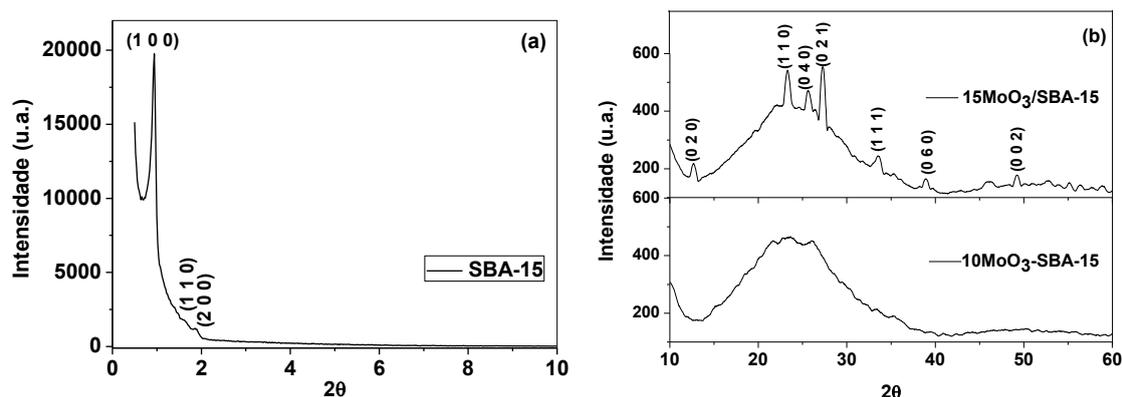
Figura 2: Análise termogravimétrica: (a) peneira molecular SBA-15; (b) catalisador 15MoO₃/SBA-15.



Através da análise das curvas TG e DTG representadas na Figura 1, verificou-se a presença de dois eventos de perda de massa na Figura 1 (a), e três eventos na Figura 1 (b), ocorrendo em diferentes intervalos de temperatura. Sendo o evento (I): para a Figura 1 (a) da temperatura de 22 até 94 °C havendo uma perda de 5,75% em massa; para a Figura 1 (b) na faixa de 28 a 138 °C com perda de 10,30%, para ambos os materiais essa perda é referente a dessorção de água fisissorvida e materiais voláteis, como o etanol. O evento (II): para a Figura 1 (a) vai da temperatura 94 °C até 497 °C havendo uma perda de 47,52% em massa, é referente a decomposição do agente direcionador de estrutura (P123); para a Figura 1 (b) entre 138 a 767,7 °C com perda de 19,2%, decorrente da decomposição do sal molibdato de amônio tetrahidratado. O evento (III) ocorre para a Figura (b) da temperatura 767,7 °C até 852,9 °C, em que a perda de massa é de 6,7% e é atribuída ao processo de difusão do óxido de molibdênio (ANDRADE, 2017; ALVES *et al.*, 2017).

Difratometria de Raios X (DRX)

Na Figuras 3 estão apresentados os difratogramas de raios X da peneira molecular SBA-15 e dos catalisadores de MoO₃/SBA-15.

Figura 3: Difratometria de raios X: (a) peneira molecular SBA-15; (b) catalisador 15MoO₃/SBA-15.


A partir do difratograma apresentado na Figura 2 (a) observar-se a presença de três reflexões referentes aos planos de difração cujo índice de Miller é (1 0 0), (1 1 0) e (2 0 0) que são característicos de uma estrutura hexagonal mesoporosa bidimensional de materiais do tipo SBA-15, confirmando a obtenção da peneira molecular conforme Zhao *et al.*, (1998).

Através dos difratogramas de raios-X da Figura 2 (b) foram identificadas às espécies de óxidos de molibdênio cristalinos formados após o processo de calcinação das amostras impregnadas com o sal precursor. Verifica-se nos difratogramas do material 15MoO₃/SBA-15 que os picos característicos do óxido de molibdênio apresentados estão entre $2\theta = 12,7^\circ$, $2\theta = 23,3^\circ - 27,3^\circ$ e $2\theta = 33,7 - 49,2^\circ$. No material 10MoO₃/SBA-15 devido a menor concentração de trióxido de molibdênio, houve uma menor dispersão do mesmo na superfície externa do material mesoporoso. Os referentes picos foram identificados com o auxílio da carta cristalográfica JCPDS padrão de N^o. 00-005-0508.

Caracterização dos ésteres metílicos

Os resultados de conversão dos triacilglicerídeos em ésteres metílicos, massa específica e índice de acidez e os valores dos parâmetros estabelecido pela ANP N^o 51 DE 25/11/2015 são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados das análises por cromatografia gasosa, viscosidade, densidade e índice de acidez.

Catalisador	Conversão (%)	Densidade (Kg·m ⁻³)	Índice de Acidez (mgKOH·g ⁻¹)
SBA-15	1,2	919,1	0,1
10MoO ₃ /SBA-15	74,8	883,0	1,14
15MoO ₃ /SBA-15	79,0	882,8	1,16

Resolução ANP N^o 51: Conversão de ésteres (%): >96,5; Massa específica (Kg·m⁻³): 850 – 900; Índice de acidez (mgKOH·g⁻¹): 0,50.

Para a SBA-15, a reação não apresentou conversão em ésteres metílicos significativa, tal fato está associado a não existência de sítios ativos que favoreçam a reação. Após a incorporação da fase ativa MoO₃, percebe-se um aumento considerativo da conversão. Apesar de não alcançar a quantidade de ésteres metílicos exigida pela ANP, foi possível perceber que com o aumento do teor de MoO₃ melhorou o desempenho catalítico da SBA-15, um maior percentual de MoO₃ poderia colocar a conversão dentro do valor estabelecido.

A massa específica obtida com os catalisadores 10MoO₃/SBA-15 e 15MoO₃/SBA-15 encontram-se dentro da faixa estabelecida pela ANP. Porém ambas apresentam um índice de acidez elevado, pode-se atribuir a esses valores a lixiviação do molibdênio para o óleo, uma vez que o mesmo apresenta características ácidas (ANDRADE, 2017).

4 CONCLUSÕES

A análise dos difratogramas confirmou a formação da estrutura da SBA-15, assim como também a incorporação do trióxido de molibdênio. Através dos termogramas foi possível determinar a melhor temperatura para a decomposição dos direcionadores orgânicos e do sal precursor de molibdênio. Por meio da análise textural, pelo método BET, foi confirmado a formação da estrutura hexagonal mesoporosa característica da peneira molecular SBA-15 e por meio desta, determinar o volume de poro necessário para a incorporação do MoO₃ pelo método de impregnação seca. A partir dos dados obtidos por cromatografia foi constatada a conversão de ésteres metílicos que aumentou conforme o catalisador apresentava maior teor de MoO₃, porém os valores obtidos para conversão e índice de acidez não atenderam as especificações estabelecidas pela resolução dada pela ANP Nº 51 de 25/11/2015.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a CAPES / LACCBIO / UAEQ / UFCG.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE PETROLEO, GAS NATURAL E BIOCOMBUSTIVEIS (ANP). Resolução ANP No. 51, de 25 de novembro de 2015. Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=310514>>. Acessado em: 18 de abril de 2017.

ALVES, B. T. S.; ALBUQUERQUE, J. S.; QUEIROZ, R. N.; SOUSA, B. V.; ALVES, J. J. N.; BRITO, A. L. F. Síntese direta do catalisador CeO₂-SBA-15 para reação de transesterificação do óleo de soja. In: IX Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2017, Maceió. 9º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2017.

ANDRADE, M. R. A. MoO₃ suportado na MCM-41 como catalisador heterogêneo reutilizável na reação de transesterificação. 2017. 94p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - UFCG. Campina Grande, PB. 2015.

COSTA, F. O. Otimização das propriedades estruturais da peneira molecular SBA-15 por meio de diferentes rotas de síntese. 2015. 73p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - UFCG, PB. 2015.

FABIANO, D. P. Síntese e avaliação de sílica tipo M41S contendo cátions CTA em transesterificação catalítica. 2010. 128 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - UFSCar, São Carlos – SP, 2010.

PEREIRA, M. F. Óxido de zinco dopado para produção de biodiesel. 2016. 121p. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB. 2016.

SCHWANKE, A; SANTOS, A.; SANTOS, A. G.; BIESEKI, L.; SOUZA, L.; CAMPOS, P; PERGHER, S. Materiais mesoporosos um caminho acessível. Natal: Edufrn. 181p. 2016.

SILVA, A. S. Avaliação de catalisadores de NiO e MoO₃, suportados em MCM-41, na obtenção de biodiesel de óleo de algodão. 2011, P. 142. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – UFCG, Campina Grande – PB, 2011.

ZHAO, D.; FENG, J.; HUO, Q.; MELOSH, N.; FREDRICKSON, G. H.; CHMELKA, B. F.; STUCKY, G. D. Triblock copolymer syntheses of mesoporous sílica with periodic 50 to 300 angstrom pores. Science, v. 279, (5350), p. 548-552, 1998.

Capítulo 31



10.37423/210504129

AVALIAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS NA CONSTRUÇÃO DE UMA POLITRIZ ROTATIVA DE BAIXO CUSTO PARA METALOGRAFIA DE LIGAS METÁLICAS

Rangel Vasconcelos da Silva Pinto

Universidade Federal do Pará

Tamires Isabela Mesquita Botelho

Universidade Federal de Uberlândia

Maria Adrina Paixão de Souza da Silva

Universidade Federal do Pará



Resumo: A construção artesanal de uma politriz de simples operação pode ser de grande importância nas mais diversas áreas, pois se leva em consideração o baixo custo para a confecção e a gama de possibilidades de aplicações, visto que utilização da politriz permite melhorias estéticas e funcionais, sobretudo nas indústrias metalúrgica e mecânica: no campo industrial, o polimento pode destinar-se ao ajuste de peças, eliminando rebarbas, ciscos e pequenas imperfeições, e há uma quase que imprescindível aplicação na metalografia, servindo para preparar amostras para análises com mais eficiência e rapidez se comparado à forma manual. Visando este vasto campo de aplicação, na disciplina de Usinagem dos Materiais da Universidade Federal do Pará foi proposta a avaliação e apresentação de materiais, parâmetros dimensionais e operacionais necessários para a construção de uma politriz rotativa para metalografia, com estrutura relativamente simples, de forma que possa ser replicada facilmente e economicamente. Para os testes de lixamento foi utilizada uma lixa de 80 mesh em uma liga Al-7%Si com corpo de prova de 27 mm de comprimento 19 de largura e 14 de altura. Foram tiradas imagens antes e depois do lixamento e assim validada a construção do equipamento neste trabalho.

Palavras-chave: Politriz Rotativa. Baixo Custo. Lixamento.

1 INTRODUÇÃO

Máquinas-ferramenta, também denominadas máquinas operatrizes, são destinadas à realização de qualquer trabalho de acabamento mecânico no material, como por exemplo, as prensas, martelos, politriz, tornos, fresadoras, plainas. Os equipamentos desenvolvidos por vários componentes que conduzem ou modificam forças, mecanismos e energia de uma maneira pré-estabelecida. Na produção de bases de máquinas-ferramenta são exigidas propriedades como alta rigidez estática à flexão e à torção, características dinâmicas apropriadas, estabilidade dimensional em longo prazo, baixo coeficiente de dilatação térmica, facilidade na produção da peça e baixos custos. Uma característica no comportamento dinâmico de subestruturas de máquinas-ferramenta está associada à vibração auto-excitada (*chatter*) gerada durante o processo de usinagem. Tais vibrações provocam níveis de amplitude de deslocamento relativo entre a ferramenta de corte e a peça trabalhada que comprometem o acabamento superficial e as tolerâncias dimensionais exigidas no processo de fabricação da peça acabada. Este mecanismo impede a utilização de velocidades de corte mais elevadas, no processo de usinagem, caracterizando-se como um óbice à redução dos tempos de produção e, conseqüentemente, dos custos do produto final (LITZ, 2003).

Os materiais tradicionais utilizados na fabricação de bases de máquinas-ferramenta são o aço e o ferro fundido. Estes materiais possuem as propriedades requeridas em níveis aceitáveis e ainda oferecem grandes facilidades de moldagem em formas complexas e de usinagem, apresentando alto grau de precisão. Entretanto apresentam desvantagens, tais como: baixo amortecimento, grande retração durante o arrefecimento, elevado consumo de energia na fundição antes da moldagem, tempo de produção longo, alto custo e necessidade de tratamento anticorrosivo (RAHMAN *et al.*, 2001).

Segundo Rohde (2008) a máquina politriz (Figura 1) é uma ferramenta elétrica de baixa rotação, em que a sua principal função é executar polimentos em carros, em chapas de inox e em outros tipos de materiais. Serve basicamente para dar polimento a superfícies e seu uso mais comum é na linha automobilística. Às vezes é conhecida como polideira, polidora ou lixadeira. Coutinho (1980) cita que a operação pós lixamento que visa um acabamento superficial polido isento de marcas, utiliza para este fim pasta de diamante ou alumina. Antes de realizar o polimento deve-se fazer uma limpeza na superfície da amostra, de modo a deixá-la isenta de traços abrasivos, solventes, poeiras e outros. A operação de limpeza pode ser feita simplesmente por lavagem com água, porém, aconselha-se usar líquidos de baixo ponto de ebulição (álcool etílico, freon líquido, etc.) para que a secagem seja rápida. Existem cinco processos para a obtenção de uma superfície polida isenta de riscos. São eles: Processo

mecânico; Processo semiautomático em sequência; Processo eletrolítico; Processo mecânico-eletrolítico e Polimento químico.

Conforme citado por Gesser *et. al.* (2005), o uso de máquinas em processos de fabricação teve o objetivo inicial de buscar soluções que fornecessem um acréscimo de produtividade e qualidade. Recentemente, em função da diminuição da vida útil dos produtos e das exigências do mercado consumidor, surge também a necessidade de uma maior flexibilidade nesses equipamentos, para a fabricação de poucas unidades com características dimensionais diferenciadas, além de geometrias complexas.

Figura 1 – Politriz (lixadeira) rotativa metalográfica



Fonte: Teclago (2019).

Após uma fase de expansão econômica, o setor de fabricação enfrenta agora um momento menos positivo, de desafios e de necessidade de reafirmação. Este ambiente que envolve as empresas tem estimulado pelos menos as mais competitivas, a programarem ações que conduzam à melhoria contínua da sua produtividade, por forma a manterem os seus níveis de competitividade, a um mercado caracterizado por uma oferta significativamente superior à procura e pelas crescentes exigências dos clientes quanto à qualidade de suas máquinas e equipamentos (COUTO, 2003). Dessa forma, o ritmo e as exigências cada vez maiores da indústria de fabricação obrigam ao desenvolvimento e implementação de novas soluções construtivas, com alternativas que permitam uma maior rapidez de execução e conduzam a uma maior economia, melhorando simultaneamente as condições de segurança dos seus executantes e utilizadores e minimizando os impactos ambientais (COUTO, 2017).

Devido ao uso e a importância da máquina-ferramenta politriz, aliado à necessidade de produção de equipamentos de baixo custo e de reaproveitamento de materiais, o objetivo do trabalho é confecção de um equipamento com valor benéfico e de estrutura simples que poderá ser utilizado nas mais diversas áreas para fins de um bom acabamento superficial das peças, em instituições de ensino.

2 O ENSINO EXPERIMENTAL

Problemas, possíveis soluções e potencialidades do ensino experimental nas aulas do Curso de Engenharia Mecânica são analisadas, à questão de os próprios alunos correlacionarem a prática com a teoria juntamente com o uso dos laboratórios e ferramentas, e por fim criarem seus equipamentos de baixo custo. Dessa forma, destaca-se a importância das Universidades Brasileiras juntamente com os docentes incentivarem esta prática em sala de aula com os alunos.

As aulas experimentais configuram como uma estratégia de ensino de suma importância na compreensão de conceitos teóricos, além de desenvolver habilidades cognitivas, ou seja, raciocínio, investigações, formação de conceitos e tradução, habilidades essenciais para aprendizagem dos alunos (SCHWANCK *et al.*, 2010).

A atividade experimental basta apenas ser bem planejada e conduzida para que haja aprendizagem significativa, principalmente no que tange aos conceitos científicos, e à compreensão da ciência e à aquisição de procedimentos científicos (HODSON, 2008).

A falta de um laboratório equipamento e material para as práticas não podem ser tomados como problemas para sua realização com materiais de alternatividade de baixo custo. Neste contexto, é possível a substituição: ácido acético por vinagre; ácido clorídrico por ácido muriático comercial; pipeta por seringa; peróxido de hidrogênio por água oxigenada comercial; béquer por copo; funil por garrafas cortas ao meio e outras alternativas. Fica a cargo do docente lançar mão da sua criatividade e incentiva os alunos a está prática para adaptação dos materiais em conformidade com a realidade das universidades (DE AZEVEDO & POMPILHO, 2011).

3 DESCRIÇÃO DO PROTÓTIPO

Neste trabalho foi desenvolvido um protótipo com as mesmas funcionalidades de uma politriz, porém para implementação da estrutura mecânica foi utilizada sucatas de peças e acessórios, que permitiu custos extremamente baixos, além da possibilidade de reutilização de material que seria descartado

e que possivelmente iria para o lixo. Para tanto, foram selecionados os materiais a seguir, de acordo com avaliação em relação a funcionalidades operacionais e estruturais para a aplicação desejada.

3.1 MOTOR ELÉTRICO E CAPACITOR

Visando o acionamento da politriz rotativa, foi selecionado um motor elétrico de ar-condicionado de 11W (Figura 2.a). Este motor possui uma alimentação de 220 Volts, bifásico, 60Hz, com três velocidades de rotação com funcionamento silencioso e um capacitor de 20 μ F (Figura 2.b), todos sucatas da própria universidade.

Figura 2. Motor Elétrico (a) e Capacitor (b)



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

3.2 TUBO DE PVC, ACOPLAMENTOS E PRATO ROTATIVO

Visando a estrutura do protótipo (base e prato rotativo), foram utilizados tubo PVC de 100 mm de diâmetro x 15 cm de comprimento, 2 acoplamentos de Cap100" de esgoto (Figura 3.a) e um prato de inox de 150 mm x 3 mm de espessura (Figura 3.b). Todos os materiais (PVC e inox) foram selecionados por possuírem resistência mecânica suficiente para suportar a rotação do processo e o possível peso de amostras para ensaios metalográficos.

Figura 3. Tubo PVC e Acoplamentos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

3.3 ESTRUTURA MECÂNICA DO PROTÓTIPO

A estrutura de sustentação, desta máquina poltriz foi construída por meio da junção dos tubos PVC juntamente com o acoplamento para a união. Para a passagem do cabo elétrico e do eixo do motor realizou-se um furo de 8mm. Dentro dos tubos foi colocada a parte elétrica: O motor elétrico do ar-condicionado e o capacitor como ilustram a figura 4.

O prato de inox foi soldado no eixo do motor elétrico e para arrefecimento dos componentes elétricos foram feitos furos laterais de 1mm na parte inferior da poltriz, como ilustra a Figura 5.

Figura 4. Conjunto elétrico do motor e capacitor acoplados no tubo PVC.



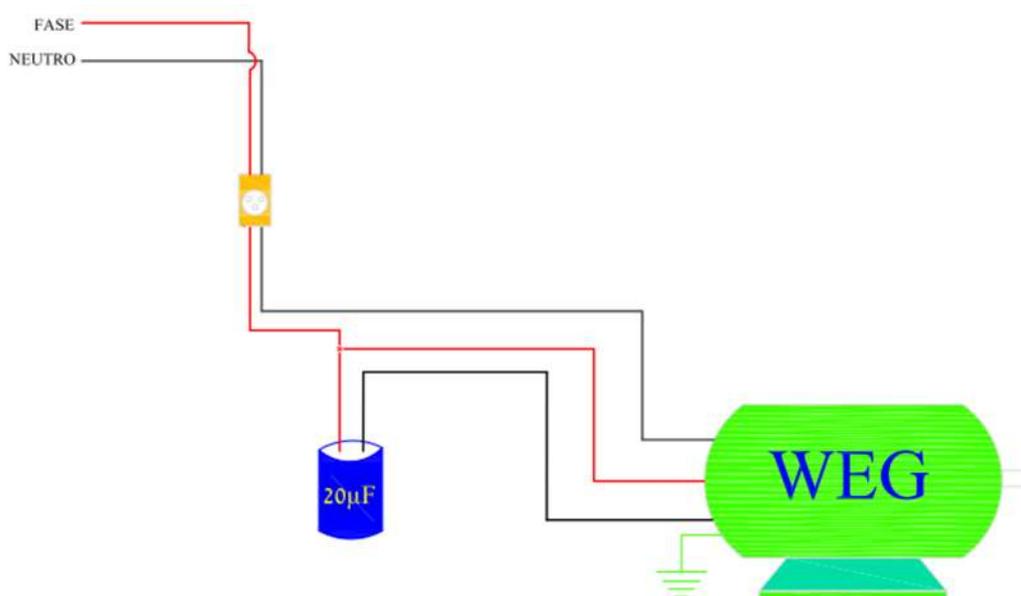
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Figura 5. Máquina politriz .



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Figura 6. Circuito elétrico.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4 AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL

Construída a politriz rotativa, esta mostrou-se em perfeito funcionamento e com estrutura base similar às encontradas no mercado (Figura 1), no entanto, para validar a politriz bem como o seu conceito (aferição), foi realizado um procedimento metalográfico de lixamento, utilizando uma lixa de

80 *mesh* no prato de inox, conforme ilustra a Figura 7. Tanto as lixas que possam ser utilizadas quanto panos de polimento podem ser fixados ao prato da politriz utilizando-se fitas dupla face, o que permite a substituição dos abrasivos com facilidade e sem quaisquer danos tanto aos próprios papéis abrasivos quanto à estrutura do dispositivo.

O corpo de prova para teste foi de uma liga Al-7%Si e nas Figuras 8.a e 8.b se apresentam as peças antes e após o lixamento, respectivamente. Observa-se na Figura 7.b a ausência das marcas de serra existentes na amostra pré-lixamento, bem como uma melhor aparência superficial, indicando que o processo foi executado pelo dispositivo de maneira satisfatória. Pelo fato da aferição ter sido realizada em uma liga de Al-Si (material abrasivo e de difícil usinabilidade), conclui-se que o dispositivo também atenderá perfeitamente à metalografia de outras ligas não-ferrosas, de aços baixa liga ou ainda de materiais poliméricos.

Durante o processo de lixamento, observou-se pouca vibração do dispositivo, no entanto ainda ligeiramente maior do que a das máquinas convencionais. Para o processo de ensaios metalográficos essa pequena variação se torna insignificante, visto que as tolerâncias dimensionais do processo de metalografia não são necessárias (apenas a qualidade superficial), entretanto o uso de amortecedores de vibração, conhecidos como “vibrastop” podem ser acoplados à base da politriz, diminuindo a vibração encontrada.

Figura 7. Politriz com a vista superior, com a lixa de 80 *mesh*.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Durante o processo de metalografia, comumente são usados fluidos de lubrificação e arrefecimento, a fim de facilitar a obtenção de uma superfície mais uniforme e evitar aquecimentos das peças que podem ocasionalmente alterar a estrutura que se deseja analisar metalograficamente. Quando o uso se limitar à pastas abrasivas como alumina ou pasta de diamante, o protótipo se apresenta perfeito para uso da forma como se encontra, porém existem casos em que se faz necessário o uso da água como fluido, e dessa forma está sendo projetado um sistema de fornecimento de água utilizando-se uma bomba submersa acoplada em uma mangueira plástica e um sistema de vedação para não incorrer entradas de água no motor elétrico, danificando-o.

Figura 8. Corpo de Prova (a) antes e (b) após o lixamento.



(a)



(b)

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento de dispositivo de lixamento que atenda às expectativas atuais das mais diversas aplicações industriais referentes à qualidade do acabamento do produto final, além de custo benefício dos processos de fabricação, é de grande interesse das empresas deste segmento.

Este trabalho foi eficaz em consolidar e aplicar os conhecimentos obtidos em sala de aula referentes à usinagem dos materiais e suas diversas aplicações nos meios industriais e acadêmicos, em apresentar um dispositivo capaz de atender às necessidades básicas de processos metalográficos, de apresentar uma alternativa de baixo custo e atendendo às necessidades de reaproveitamento de materiais, além de mostrar também a importância da interação instituição/alunos para aprimoramento da pesquisa acadêmica.

REFERÊNCIAS

COUTINHO, Telmo de Azevedo. Metalografia de Não-Ferrosos, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1980.

COUTO, João Pedro; TEIXEIRA, José Cardoso. O efeito da aprendizagem no planejamento da construção, Revista Internacional CONSTRULINK – Estruturas e Construção, Vol. 1, Nº 4, páginas 38-44, 2003.

COUTO, Amanda; COUTO, João Pedro. Vantagens Produtivas e Ambientais da Pré-fabricação. Conferências de Engenharia “Engenharias’07”, – “Inovação e desenvolvimento”, Covilhã, Portugal, 2017.

GESSER, Felício José; POZZOBON, Felipe Rocha; BONACORSO, Nelso Gauze; SILVA, Rodrigo. Desenvolvimento e Construção de uma Fresadora CNC de Baixo Custo Destinada a Confecção de Pranchas de *Suf*. 3ª COBEF, Joinville, 2005.

HODSON, D. Uma visão crítica em relação ao trabalho prático nas aulas de ciências. Tradução e adaptação: Andrea Horta Machado. Minas Gerais. V.71, n. 256. 2008.

LITZ, Rosa Cristina Cecche 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Estudo de Materiais Alternativos para Fabricação de Estruturas de Máquinas-Ferramenta. Universidade Estadual de Campinas. SP.

DE AZEVEDO, William & POMPILHO, Wendel Matos. O ensino de Enzimas: Uma abordagem Experimental de Baixo Custo. Revista de Ensino de Bioquímica, v.9, n. 1, p. 1-8, 2011.

RAHMAN, Mustafizur Sazedur; MANSUR, Mohammad Abul; LEE, Li.; LUM, Joe. Development of Polymer Impregnated Concrete Damping Carriage for Linear Guideways for Machine Tools. International Journal of Machine Tools & Manufacture, nº41, páginas 431-441, 2001.

ROHDE, Regis Almir Metalografia Preparação de Amostras. Laboratório de Ensaios Mecânicos e Materiais. URI, Campus de Santo Ângelo. 2008.

SCHWANCK, Cibele; CARUSO, Francisco; BIANCONI, Maria Lucia Instrumentação para o ensino de Ciências. Volume único. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 62-98p. 2010.

TECLAGO. Catálogo de Produtos. Disponível em <<https://www.teclago.com.br/produtos/polittrizes-metalograficas/politriz-metalografica-de-velocidade-variavel-pvv300/>> Acesso em 30de out. 2019.

Capítulo 32



10.37423/210504130

AVALIAÇÃO DO TEMPO DE CRISTALIZAÇÃO E DO TEOR DE CÉRIO NA SÍNTESE DIRETA DO CATALISADOR CEO₂-SBA-15 E SUA APLICAÇÃO NA REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO

Bruno Taveira da Silva Alves

Universidade Federal de Campina Grande

Jonas Santana Albuquerque

Universidade Federal de Campina Grande

Bianca Viana de Sousa Barbosa

Universidade Federal de Campina Grande

José Jailson Nicácio Alves

Universidade Federal de Campina Grande



Resumo: A peneira molecular SBA-15 é um material que apresenta estrutura mesoporosa hexagonal interconectadas por microporos, possui elevada estabilidade térmica e tamanho de poros uniformes. Devido a sua característica amorfa, torna-se necessária a adição de um metal para melhorar seu desempenho catalítico e a sua seletividade. Dentre as técnicas de incorporação de metais em materiais porosos têm-se a síntese direta ou os métodos de impregnação em que o material é sintetizado na forma de silício e após pronto o metal de interesse é incorporado. Os óxidos de cério incorporado no suporte mesoporo torna-se um promotor estrutural para melhorar atividade, seletividade e estabilidade térmica dos catalisadores. O presente trabalho visa avaliar as propriedades cristalinas, texturais e o potencial catalítico do catalisador SBA-15 sintetizado diretamente com dióxido de cério com diferentes teores e diferentes tempos de cristalização. Para tal finalidade, o óxido de cério foi inserido na mistura reacional que tem como agente direcionador estrutural o copolímero tribloco (Plurônic) poli(óxido de etileno)-poli(óxido de propileno)-poli(óxido de etileno), P123 (EO₂₀PO₇₀EO₂₀) e ácido clorídrico, como agente mineralizante, juntamente com a fonte de sílica. O material obtido foi calcinado sob fluxo de ar sintético à 550 °C por 6 horas. A medida de conversão dos ésteres metílicos obtidos através da reação de transesterificação foi caracterizada de acordo com a Resolução da ANP Nº. 51 de 11/25/2015 por cromatografia gasosa, densidade, viscosidade e índice de acidez.

Palavras-chave: Dióxido de cério, material mesoporoso, catálise heterogêneo, biodiesel.

1 INTRODUÇÃO

Em 1998, Zhao e colaboradores relataram a síntese de um material de estrutura mesoporosa hexagonal bidimensional com poros grandes e ajustáveis de até 300 Å, utilizando blocos de copolímeros que funcionam como agentes direcionadores de estrutura. Suas paredes de sílica amorfa podem ter espessura na ordem de 40 - 60 Å. E podem apresentar microporosidade interconectando os mesoporos (SCHWANKE, 2016).

Materiais mesoporosos apresentam elevada área específica, o que favorece a sua utilização como suporte de metais que apresentam atividade catalítica. A parede desses materiais apresenta característica amorfa; dessa forma, a adição de metais na estrutura do suporte melhora seu desempenho catalítico e de adsorção, mas a incorporação desses metais pode apresentar alguns desafios, como a deformação das propriedades estruturais do material. Dentre os métodos de incorporação destaca-se a síntese direta, que busca a inserção do metal diretamente no processo de obtenção do gel síntese com a finalidade de diminuir as etapas do processo de obtenção do catalisador e melhorar as propriedades estruturais do material (CORMA, 1997; ALVES *et al.*, 2017).

Os óxidos de cério têm sido amplamente investigados em catalisadores como promotores estruturais e eletrônicos para melhorar a atividade, seletividade, estabilidade térmica dos catalisadores e favorecer a dispersão do metal sobre os suportes catalíticos. O CeO_2 tem grande importância industrial devido as suas propriedades oxirredução e a sua elevada mobilidade de oxigênio (DAI, 2007).

Este trabalho teve como objetivo a incorporação do precursor (nitrato de cério IV amoniacal) diretamente ao gel de síntese da peneira molecular SBA-15, avaliando-se a influência do teor de dióxido de cério e do tempo de cristalização nas propriedades estruturais e cristalinas do material, para posterior aplicação na reação de transesterificação do óleo de soja.

2 METODOLOGIA

Síntese direta do catalisador $x\text{CeO}_2$ -SBA-15

Nessa síntese o precursor de cério foi condensado junto com a fonte de sílica na presença do surfactante em um método de incorporação denominado método hidrotérmico ou síntese direta. O processo foi realizado a partir do método hidrotérmico proposto por ZHAO *et al.* (1998), com adaptações de COSTA (2015) e DAI *et al.* (2007). As amostras foram preparadas com as seguintes razões molares Si/Ce: 10 e 20.

Inicialmente dilui-se os precursores de cério e silício na solução de ácido clorídrico em agitação contínua e em outro béquer ocorre a dissolução do copolímero tribloco Pluronic P123 com o ácido clorídrico e o co-solvente etanol, sendo misturados à água deionizada. Após, as duas soluções são transferidas para um rotoevaporador onde são misturadas sob agitação e temperatura constante de 35 °C por 24 horas, para a formação do gel de síntese. O gel formado foi transferido para cadinhos de teflon, encapsulado em autoclaves de aço inoxidável e levados para a estufa para o processo de cristalização a uma temperatura de 80 °C. Retirou-se uma parte da amostra da estufa com 24 horas de cristalização e a outra com 48 horas. Formado o núcleo, o material obtido foi resfriado e em seguida lavado com água deionizada em um sistema de filtração a vácuo para a remoção do excesso de direcionador orgânico, até que a solução filtrada atinja pH 6. O material foi levado para a estufa e seco a 60°C, durante 24 horas. A ativação do catalisador $\text{xCeO}_2\text{-SBA-15}$ foi realizada através do processo de calcinação. Em um reator, uma quantidade do material foi aquecida da temperatura ambiente até a temperatura programada de 550 °C com rampa de aquecimento de 5 °C · min⁻¹, em atmosfera de ar a uma taxa de fluxo de 150 mL · min⁻¹, permanecendo sob essas condições por 6 horas.

Caracterizações dos suportes e catalisadores

Análise termogravimétrica e termodiferencial (TG/DTG): As inflexões foram obtidas utilizando um Thermogravimetric Analyzer TGA-51 Shimadzu acoplado a um computador monitorado pelo Software TA-60 WS Collection Monitor. As amostras foram analisadas na escala da temperatura ambiente a 1000 °C, a uma taxa de aquecimento de 5 °C · min⁻¹ e uma taxa de fluxo de ar de 50 mL · min⁻¹.

Difratometria de Raios-X (DRX): Foi realizada a partir do método de pó, utilizando do equipamento SHIMADZU XRD-6000 com radiação $\text{CuK}\alpha$, operando em uma tensão de 40 kV, corrente 30 mA, tempo por passo de 0,6s e amostras varridas de $2\theta = 0,5^\circ$ à 10° .

Adsorção Física de N_2 : As análises foram realizadas através do equipamento ASAP 2020. A técnica de BET possibilita a construção de isotermas de adsorção e dessorção gasosa, das quais se extrai informações como a área superficial, volume poroso e distribuição do tamanho de poros.

Avaliação catalítica (reação de transesterificação)

Os catalisadores $10\text{CeO}_2\text{-SBA-15}$ e $20\text{CeO}_2\text{-SBA-15}$ com 24 e 48 horas de cristalização, foram avaliados na reação de transesterificação metílica do óleo de soja, utilizando um reator PAAR modelo 4848 do tipo batelada, operando nas condições apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Condições operacionais para a reação de transesterificação

Variáveis	Condições
Catalisador (m/m)	5%
Razão óleo:metanol	1:20
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	100
Tempo (h)	6

As quantidades necessárias de óleo de soja, metanol e catalisador foram determinadas a partir da estequiometria da reação. Concluída a reação, a mistura foi colocada em um funil de decantação, para que houvesse a completa separação das fases. O óleo obtido foi lavado em dois ciclos, primeiramente com uma solução $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de ácido clorídrico (HCl) e em seguida com água deionizada até atingir $\text{pH} = 7$. A amostra seguiu para secagem, em contato com sulfato de magnésio (MgSO_4). O óleo obtido foi centrifugado e encaminhado para análise.

Caracterização do óleo obtido

Cromatografia gasosa: Foi realizada com intuito de determinar os percentuais de ésteres metílicos de ácidos graxos nas amostras de biodiesel. Para isso, utilizou o equipamento cromatógrafo a gás, da marca Shimadzu, modelo CG 2010 Plus.

Massa específica e viscosidade cinemática: Utilizou-se o equipamento da marca Anton Paar Density Master DMA 4100 M acoplado a um viscosímetro.

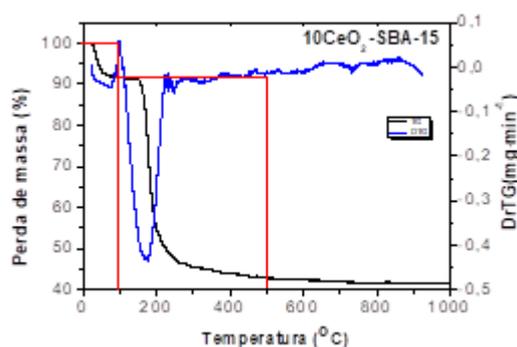
Índice de acidez (IA): Em um erlenmeyer, pesou-se 2 gramas de Biodiesel e adicionou-se 25 mL de solução de éter etílico e álcool etílico (2:1). Agitou-se a mistura e adicionou-se duas gotas do indicador fenolftaleína. Titulou-se a amostra com $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ até a mudança de coloração. A partir do volume de KOH gasto na titulação, calculou-se o índice de acidez.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise termogravimétrica e termodiferencial (TG/DTG)

A análise termogravimétrica foi realizada para determinar a temperatura na qual os materiais serão calcinados. A Figura 1 apresenta a curva termogravimétrica do catalisador $10\text{CeO}_2\text{-SBA-15}$.

Figura 1: Análise termogravimétrica do catalisador $10\text{CeO}_2\text{-SBA-15}$

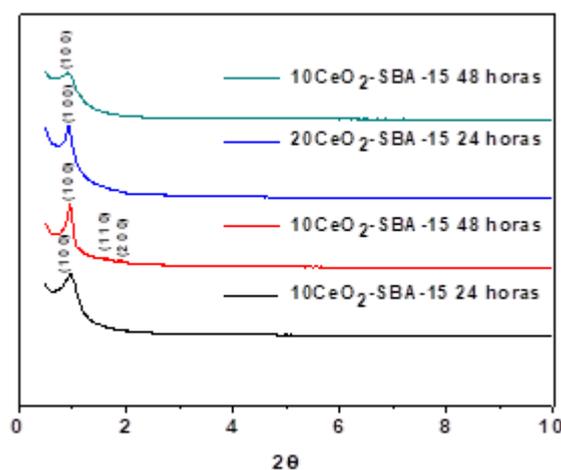


Pode-se observar duas faixas de temperatura onde ocorrem dois eventos distintos que podem ser observados pela perda de massa. O primeiro evento apresentado na Figura 1, ocorre na faixa de temperatura que vai de 25 a 91 °C, havendo uma perda de 8,23% em massa referente a evaporação da água fisissorvida na cavidade porosa do material e materiais voláteis, como o etanol e a amônia presente no precursor de cério. O segundo evento ocorre entre 91 °C e 498 °C, com perda de 48,68% em massa, relacionado à decomposição do agente direcionar de estrutura, como também, dos compostos orgânicos do precursor de cério (ARAÚJO *et al.*, 1999; ALVES *et al.*, 2017).

Difratometria de Raios X (DRX)

A Figura 2 apresenta os difratogramas para as amostras com tempo de cristalização de 24 horas e 48 horas e razão molar de Si/Ce de 10 e 20.

Figura 2: Difratogramas de raios-X das amostras: (a) $10\text{CeO}_2\text{-SBA-15}$ com 24 horas de cristalização; (b) $20\text{CeO}_2\text{-SBA-15}$ com 24 horas de cristalização; (c) $10\text{CeO}_2\text{-SBA-15}$ com 48 horas de cristalização; (d) $20\text{CeO}_2\text{-SBA-15}$ com 48 horas de cristalização.



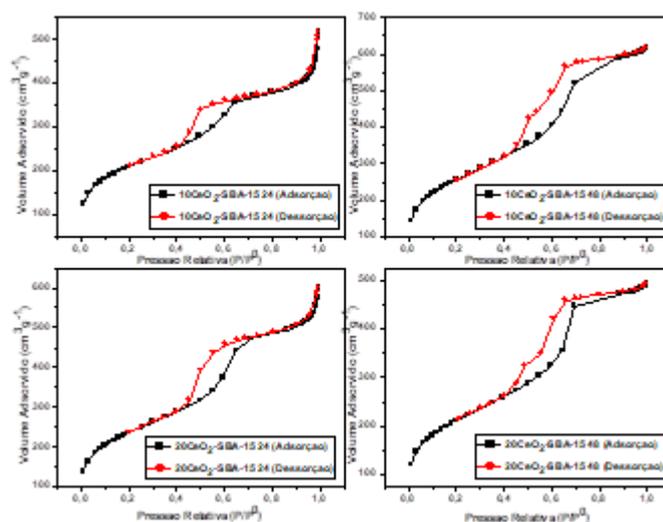
Na Figura 2 observa-se que para todos os materiais houve a obtenção da reflexão principal, referente ao índice de Miller (1 0 0), sendo o indicativo de uma rede hexagonal, porém a ausência das reflexões referentes aos planos (1 1 0) e (2 0 0), indica o não ordenamento dessa estrutura hexagonal, conforme

relatado por Zhao *et al.* (1998), isso pode ser atribuído, segundo Thitsartan *et al.* (2015), ao fato de que os átomos de Ce⁴⁺ apresentarem maior raio atômico do que o Si⁴⁺, desorganizando a estrutura mesoporosa. Para o catalisador 10CeO₂-SBA-15 com o tempo de cristalização de 48 horas, foi possível observar as três reflexões referentes ao índice de Miller (1 0 0), (1 1 0) e (2 0 0) o que confere uma estrutura hexagonal de materiais do tipo SBA-15 bem ordenados. Isso indica que para esse teor de dióxido de cério e o maior tempo de cristalização foram favoráveis para a obtenção de uma estrutura organizada.

Adsorção física de nitrogênio (Método BET)

O perfil das isotermas de adsorção e dessorção de N₂ das amostras 10CeO₂-SBA-15 e 20CeO₂-SBA-15 para o tempo de cristalização de 24 e 48 horas, foram analisados (Figuras 3), uma vez que esse método é importante para a verificação da presença de poros nestes materiais em virtude da histerese desta isoterma, determinando-se a textura do catalisador e a área ativa.

Figura 3: Isotermas de adsorção/dessorção das amostras 10CeO₂-SBA-15 e 20CeO₂-SBA-15 com 24 e 48 horas de envelhecimento



Pode-se observar na Figura 3 que em todas as amostras foram obtidas isotermas do tipo IV, com "loop" de histereses do tipo H1. Segundo a classificação das isotermas de Brunauer *et al.* (1938) este comportamento é característico de materiais mesoporosos, a presença da histerese do tipo H1 é resultado da condensação capilar que ocorre dentro dos mesoporos do material, e é característica de materiais com sistema de poros cilíndricos, ou feitos a partir de agregados ou aglomerados, de partículas esféricas.

Observa-se para ambas as amostras a presença de três regiões distintas: A primeira, a baixas pressões relativas, ou seja, $(P/P_0) < 0,2$, correspondente à adsorção de N₂ na monocamada; A segunda, $(P/P_0) = 0,40 \sim 0,9$, ocorre a condensação capilar característica dos materiais mesoporosos, a curva apresenta “loop” de histerese do tipo H1; A terceira, $> \sim 0,8$, ocorre a formação de multicamadas. A Tabela 2 apresenta a análise textural dos catalisadores 10CeO₂-SBA-15 20CeO₂-SBA-15 sintetizados com 24 e 48 horas de cristalização, os resultados foram calculados a partir das isotermas, do diâmetro e volume de poros, usando o método de BJH; e a área específica, usando o método de BET.

Tabela 2: Análise textural dos catalisadores 10CeO₂-SBA-15 e 20CeO₂-SBA-15 com 24 e 48 horas de envelhecimento

Amostra	S _{BET} (m ² /g)	S _{EXT} (m ² /g)	D _P ^{Ads} (Å)	D _P ^{Des} (Å)
10CeO ₂ -SBA-15 (A)	747,24	590,72	50,19	52,91
20CeO ₂ -SBA-15 (A)	847,18	701,45	50,30	49,11
10CeO ₂ -SBA-15 (B)	924,53	826,56	46,87	44,12
20CeO ₂ -SBA-15 (B)	757,21	645,61	46,41	44,11

Caracterização dos ésteres metílicos

Os resultados de conversão dos triacilglicerídeos em ésteres metílicos, massa específica, viscosidade cinemática e índice de acidez e os valores dos parâmetros estabelecido pela ANP N° 51 DE 25/11/2015 são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados das análises por cromatografia gasosa, viscosidade, densidade e índice de acidez.

Catalisador	Conversão (%)	Viscosidade (mm ² ·s ⁻¹)	Densidade (Kg·m ⁻³)	Índice de Acidez (mgKOH·g ⁻¹)
10CeO ₂ -SBA-15 (A)	2,0	29,82	920,3	0,0
20CeO ₂ -SBA-15 (A)	1,3	28,00	919,1	0,0
10CeO ₂ -SBA-15 (B)	4,0	28,92	919,8	0,0
20CeO ₂ -SBA-15 (B)	2,0	26,54	919,0	0,0

Resolução ANP N° 51: Conversão de ésteres (%): >96,5; Massa específica (Kg·m⁻³): 850 – 900; Viscosidade cinemática (mm²·s⁻¹): 3,0 – 6,0; Índice de acidez (mgKOH·g⁻¹): 0,50.

A conversão na reação de transesterificação é diretamente afetada pelas condições de operação, uma baixa conversão em ésteres metílicos pode ser decorrente da escolha dessas condições. Outra justificativa para a baixa conversão é o fato do dióxido de cério na fase cúbica apresenta íons tetravalente (Ce⁴⁺) apresentando estrutura mais estável, com configuração eletrônica semelhante à de um gás nobre, sendo assim, pouco reativo. Uma solução seria a formação de defeitos na estrutura cristalina do dióxido de cério, utilizando-se agentes dopantes, tais como óxidos metálicos ou de outras

terras raras, induzindo a redução do estado de oxidação do cério para Ce³⁺, formando vacâncias de oxigênio, característica que permite a mobilidade de íons através dos defeitos estruturais, causando alta reatividade (ALVES *et al.*, 2017).

4 CONCLUSÕES

A partir da análise termogravimétrica foi possível determinar a temperatura de calcinação dos materiais sintetizados. Constatou-se através dos difratogramas a obtenção da estrutura hexagonal característica da SBA-15 para todas as amostras. Através do método BET foi confirmada a formação de materiais mesoporos através das isotermas do tipo IV, com "loop" de histerese do tipo H1. As caracterizações comprovaram que o maior tempo de cristalização e o maior teor de cério melhoram as propriedades cristalinas e texturais da peneira molecular SBA-15 sintetizada diretamente com cério. A partir dos dados obtidos por cromatografia gasosa, verificou-se a baixa conversão dos triacilglicerídeos presentes no óleo de soja em ésteres metílicos, o que resultou em valores de viscosidade e densidade fora das especificações estabelecidas pela resolução dada pela ANP Nº 51 de 25/11/2015.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a CAPES / LACCBIO / UAEQ / UFCG.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE PETROLEO, GAS NATURAL E BIOCOMBUSTIVEIS (ANP). Resolução ANP No. 51, de 25 de novembro de 2015. Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=310514>>. Acessado em: 18 de abril de 2017.

ARAÚJO, A. S.; JARONIEC, M. Thermogravimetric monitoring of the MCM-41 synthesis. *Thermochimica Acta*, v. 363, p.175-180, 1999.

ALVES, B. T. S.; ALBUQUERQUE, J. S.; QUEIROZ, R. N.; SOUSA, B. V.; ALVES, J. J. N.; BRITO, A. L. F. Síntese direta do catalisador CeO₂-SBA-15 para reação de transesterificação do óleo de soja. In: IX Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2017, Maceió. 9º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2017.

BRUNAUER, S. *The Adsorption of Gases and Vapors*. Oxford: University Press, 1945.

CORMA, A. From microporous to mesoporous molecular sieves materials and their use in catalysis. *Chemical reviews*, v. 97, (6), p. 2373-2420, 1997.

COSTA, F. O. Otimização das propriedades estruturais da peneira molecular SBA-15 por meio de diferentes rotas de síntese. 2015. 73p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB. 2015.

DAI, Q; WANG, X; CHEN, G; ZHENG, Y; LU, G. Direct synthesis of Cerium (III)-incorporated SBA-15 mesoporous molecular sieves by two-step synthesis method. *Microporous and Mesoporous Materials*, vol. 100, n. 3, p.268-275, 2007.

SCHWANKE, A; SANTOS, A.; SANTOS, A. G.; BIESEKI, L.; SOUZA, L.; CAMPOS, P; PERGHER, S. Materiais mesoporosos um caminho acessível. Natal: Edufrn, 2016. 181p.

ZHAO, D.; FENG, J.; HUO, Q.; MELOSH, N.; FREDRICKSON, G. H.; CHMELKA, B. F.; STUCKY, G. D. Triblock copolymer syntheses of mesoporous sílica with periodic 50 to 300 angstroms pores. *Science*, v. 279, (5350), p. 548-552, 1998.

Capítulo 33



10.37423/210504137

DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES SANITÁRIAS EM ESTABELECIMENTOS ALIMENTÍCIOS UNIVERSITÁRIOS

Ellem Cristiane Moraes de Sousa Contente

Universidade Federal do Amazonas

Lilyanne Rocha Garcez

Universidade Federal do Amazonas

Elias Simão Assayag

Universidade Federal do Amazonas

Vanessa Paula de Souza Gomes

Universidade Federal do Amazonas

Helder Regis Santos

Universidade Federal do Amazonas

João Francisco Pereira Procópio

Universidade Federal do Amazonas

Ingrid Melo Risuenho

Universidade Federal do Amazonas



Resumo: *O saneamento é conceituado como sendo medidas que visam assegurar as condições sanitárias necessárias à qualidade de vida. O estudante de saneamento compreende que o saneamento dos alimentos e a vigilância sanitária são essenciais a saúde humana e tratam das ações de controle sanitário de uma forma geral. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados obtidos no diagnóstico das condições higiênicas e sanitárias dos serviços de alimentação oferecidos por estabelecimentos alimentícios (cantinas) no campus de uma instituição universitária localizada no Estado do Amazonas. O estudo foi realizado em parceria com a Pró-Reitoria de Extensão, por meio do Programa de Atividade Curricular de Extensão (PACE), com duração de 4 meses, onde envolveram discentes da disciplina saneamento do curso de engenharia civil, professores, prestadores do serviço e representantes da instituição responsável pela gestão da atividade. Durante esse período, foram realizadas visitas de inspeção técnica com a aplicação de questionário contendo 115 quesitos, elaborado com base em normas técnicas e, principalmente, na resolução RDC nº. 216/2007 da ANVISA. Na análise geral dos resultados obtidos foi demonstrado que os estabelecimentos alimentícios estudados apresentaram índices relevantes de não conformidades com as normas vigentes fazendo-se necessárias intervenções para a melhoria da qualidade do serviço nesses estabelecimentos. Outro ponto importante a destacar como resultado dessa atividade foi a experiência obtida dos discentes em extrapolar o conhecimento técnico de sala de aula para uma situação do cotidiano.*

Palavras-chave: *Saneamento, Estabelecimento alimentício, Condições higiênicas e sanitárias, Atividade de extensão.*

1. INTRODUÇÃO

O saneamento ambiental é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social. De outra forma, pode-se dizer que saneamento caracteriza o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar salubridade ambiental (OMS, 2007). Entre as ações de saneamento pode-se destacar o abastecimento de água às populações (qualidade a saúde e quantidade suficiente para as condições básicas); coleta, tratamento e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura de águas residuárias; acondicionamento, coleta, transporte e/ou destino final dos resíduos sólidos; coleta de águas pluviais e controle de inundações; controle de vetores de doenças transmissíveis; saneamento dos alimentos; saneamento dos meios transportes; saneamento e planejamento territorial; saneamento da habitação, dos locais de trabalho, de educação e de recreação e dos hospitais; e controle da poluição ambiental da água, ar e solo, acústica e visual.

Nesse contexto, o estudante da disciplina saneamento, do curso de engenharia civil, compreende que a relação das ações sanitárias com a higiene e saúde são fundamentais, pois o principal objetivo do saneamento é a promoção da saúde do homem, em seu mais amplo sentido.

Buscando extrapolar o conhecimento no âmbito do saneamento ambiental e contribuir na formação diferenciada do engenheiro civil, o Departamento de Hidráulica e Saneamento (DHS) propôs a execução da atividade de extensão “Vigicampus”, cuja atividade foi aprovada pelo Programa de Atividade Curricular de Extensão da Pró-Reitoria de Extensão e Interiorização da Universidade Federal do Amazonas – PACE/PROEXTI/UFAM e executada no 2º semestre de 2011. A *Vigicampus* teve o objetivo de diagnosticar as condições higiênico e sanitário de estabelecimentos alimentícios, de acordo com as legislações vigentes de regulamentação do serviço prestado de alimentação, principalmente em relação aos serviços oferecidos em instituições de ensino superior.

A fundamentação desse trabalho está no sentido de avaliar o adequado funcionamento do ambiente e do serviço alimentício oferecido, sendo para isso imprescindível o conhecimento das técnicas, da melhoria contínua dos serviços de alimentação, das condições mínimas de higiene e sanitária, da estrutura compatível com a atividade realizada conforme as legislações pertinentes, bem como da saúde e segurança dos trabalhadores. Essas questões são indissociáveis, pois para se obter uma qualidade sanitária do alimento deve-se também atender o bem-estar do trabalhador do serviço alimentício e do consumidor dos alimentos.

Em instituições de ensino superior, esta preocupação deve ser uma de suas metas, visto que elas têm o compromisso de disseminar os princípios relativos à saúde, higiene e segurança do trabalhador, adotarem práticas de sustentabilidade adequadas, além de desenvolver atividades dirigidas à questão ambiental.

A discussão da extensão leva, necessariamente, a abordagem em relação da universidade com a comunidade integrando conhecimento científico e atividades técnicas e, com isso dando oportunidade de traduzir para o campo operativo os conhecimentos científico e técnico, possibilitando aos futuros profissionais um perfil com habilidades de socializarem os conhecimentos aos grupos sociais, de forma a contribuir para sua autonomia (UNIMEP, 1992).

O contexto acima pode ser justificado sob sua visão de que o uso da informação permite também intervir nos problemas sanitários e na prevenção de riscos à saúde e, conseqüentemente, no processo de proteger e promover a saúde.

Dessa forma, a proposta da Atividade Curricular de Extensão (ACE) *Vigicampus* enquadra-se nesse contexto e, paralelamente busca contribuir com ações voltadas a implantação de práticas ambientais e de segurança na operacionalidade de estabelecimento alimentícios localizados em instituições públicas de ensino superior em Manaus/AM.

1.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver atividade em ação de extensão integrando conhecimento científico e atividades técnicas da área de saneamento ambiental, com a participação de professores, estudantes e comunidade acadêmica da UFAM, para promoção e manutenção da qualidade sanitária e de saúde do trabalhador em estabelecimentos alimentícios universitários.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver processos de avaliação integrados as condições ambientais e de segurança do trabalho;
- Identificar a legislação e normas vigentes pertinentes ao tema e repassar essa legislação para as partes interessadas com esclarecimentos e apoio para implantação;
- Identificar os principais aspectos e problemas de segurança (equipamentos, instalações e condições de trabalho) e ambientais (água, esgoto e resíduos) que envolvem o funcionamento dos estabelecimentos alimentícios em instituições de ensino e pesquisa;

- Monitorar as condições de funcionamento dos estabelecimentos ao longo do período do estudo, por meio de ações de inspeção técnica.
- Apresentar relatório com o diagnóstico aos gestores dos serviços na instituição de forma a subsidiar a tomada de decisões sobre os aspectos de melhoria na oferta do serviço.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no 2º período letivo de 2011, com duração de 4 meses, reunindo entre discentes do curso de engenharia civil, professores do DHS, permissionários dos estabelecimentos alimentícios de estudo, representantes da instituição na gestão do serviço prestado e colaboradores da área em questão.

A modalidade institucional PACE/PROEXTI/UFAM foi o suporte para o desenvolvimento da atividade *Vigicampus – Setor Norte*.

Os procedimentos metodológicos utilizados para a realização da atividade foram:

- Reuniões e palestras;
- Levantamento de normas e legislações aplicáveis;
- Identificação dos estabelecimentos alimentícios no campus da instituição de ensino para definir os locais de estudo;
- Elaboração de questionários, conforme legislação específica;
- Aplicação do questionário por meio de visita de inspeção técnica e análise dos resultados.
- Elaboração de relatório final.

3. DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

3.1. REUNIÕES

Inicialmente buscou-se a integração dos estudantes envolvidos por meio da delegação de atividades em reuniões semanais e estudos para conhecimento das normas regulamentadoras e legislações vigentes, conforme Figura 1A.

Foi ainda realizada reunião com os responsáveis pela administração dos estabelecimentos alimentícios da universidade inspecionada, onde se expôs assuntos referentes aos aspectos legais do serviço

alimentício na universidade, assim como as dificuldades atuais dos servidores em prestarem esse serviço para a instituição (Figura 1B).



Figura 1A – Reuniões com os estudantes envolvidos nas atividades.

Figura 1B – Reunião com os administradores e representantes institucionais responsáveis pelos estabelecimentos alimentícios.

Dentro dessa linha de trabalho foi realizada palestra, ministrada por colaborador externo (engenheiro sanitarista) com a temática: *Instrumentos utilizados no controle da qualidade dos serviços prestados nos estabelecimento alimentícios de instituições de ensino*. Essa atividade teve como objetivo a orientação dos conceitos e critérios, dentro do contexto da vigilância sanitária a serem aplicados no desenvolvimento da atividade.

3.2. LEGISLAÇÕES E NORMAS

Essa atividade objetivou envolver os estudantes no contexto da ACE, bem como conhecer no âmbito das legislações federais e locais a questão da vigilância sanitária em estabelecimentos alimentícios em relação às boas práticas para a oferta desse serviço.

Por tratar de saúde, os estabelecimentos que trabalham com alimentação, como restaurantes, lanchonetes e cantinas devem adotar procedimentos específicos que minimizem os efeitos danosos à saúde do consumidor. Assim, por meio das Resoluções, Portarias e Leis que regulamentem o uso destes estabelecimentos, são obtidos parâmetros de controle de qualidade dos alimentos, da saúde dos manipuladores, das condições físicas dos estabelecimentos, além de estabelecer instrumentos de fiscalização desses serviços. (LACERDA, 2008).

Nesse contexto, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) possui inúmeras regras e exigências para que o estabelecimento possa permanecer aberto legalmente e de funcionando de

forma adequada. Estas regras e exigências vão desde as boas práticas de manipulação com os alimentos até o tipo da edificação.

De acordo com a Lei Orgânica da Saúde nº 8080 de 1990, a vigilância sanitária é, por definição, o conjunto de ações capaz de eliminar, diminuir ou prevenir risco à saúde e de intervir nos problemas sanitários decorrentes do meio ambiente, da produção e circulação de bens e da prestação de serviços de interesse da saúde.

A Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº 216 de 2004 da ANVISA, estabelece o regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação, visando garantir as condições higiênico-sanitárias do alimento preparado e pronto para consumo. Essa RDC também aponta que o dimensionamento da edificação e das instalações deve se compatível com todas as suas operações, devendo existir separação entre as diferentes atividades por meios físicos ou por outros meios eficazes de forma a evitar a transferência de microrganismos de um local para o outro através de meios comuns entre o contaminante e o contaminado.

Dessa forma, como base para o diagnóstico nos estabelecimentos, proposto no presente trabalho, foram utilizados os critérios estabelecidos na RDC 216/2004 e em normas regulamentadoras do trabalho (NR's), conforme resumo apresentado no Quadro 1.

Quadro 1- Legislações utilizadas para elaboração da lista de inspeção.

Órgão	Legislação	
ANVISA	RDC-216	Regulamento técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação
Ministério do Trabalho	NR-6	Equipamento de Proteção Individual
	NR-7	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
	NR-10	Segurança em Instalações e Serviços em eletricidade
	NR23	Proteção Contra Incêndios
	NR-24	Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de trabalho

3.3. VISITAS TÉCNICAS (APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO)

Primeiramente, foi consultado o setor responsável pela gestão do serviço na instituição para levantar a quantidade e localização dos estabelecimentos em operação no setor norte do campus universitário, além de realizar levantamento de campo para complementação na identificação dos estabelecimentos existentes e comparação com as informações disponibilizadas pela instituição. Com isso, foi possível definir de acordo com a etapa acima, a existência de três cantinas as quais foram utilizadas para a realização do diagnóstico das condições higiênico sanitárias. Para melhor compreensão e manter a

identidade em sigilo dos estabelecimentos estudados serão utilizados como forma de identificação a seguinte legenda: Cantina 1 (E1), Cantina 2 (E2) e Cantina 3 (E3).

O planejamento das visitas de inspeção técnica nos estabelecimentos foi definido em conjunto com discentes, docentes, servidores e prestadores de serviços. Essa programação foi definida por grupo de alunos trabalhando em cada cantina, sempre acompanhados pelos coordenadores e colaborador externo. Os horários propostos foram definidos com os responsáveis pelas cantinas para o início e término da avaliação sanitária, de modo que não prejudicasse os funcionários em seu horário de trabalho.

Para o levantamento das informações nas cantinas foi elaborado questionário com 115 quesitos (Item 4 da RDC nº 216) distribuídos entre as categorias: edificação, instalações, equipamentos, móveis e utensílios (36 quesitos); higienização de instalações, equipamentos (8 quesitos); controle de pragas (2 quesitos); abastecimento de água (5 quesitos); manejo de resíduos (3 quesitos); manipuladores (13 quesitos); matéria primas, ingredientes e embalagens (10 quesitos); preparação do alimento (17 quesitos); armazenamento e transporte do alimento preparado (3 quesitos); exposição ao consumo do alimento preparado (9 quesitos); documentos e registros (6 quesitos); outros (3 quesitos). Nessa última categoria foram abordados critérios referentes à segurança do trabalhador relativo à exposição qualitativa de ruído no ambiente do trabalho, uso de equipamento de proteção individual (EPI) pelos trabalhadores e condições de segurança a eletricidade.

Para o preenchimento das respostas foram usadas as seguintes nomenclaturas: (C) – “Conforme” ao atendimento ao item observado; (NC) – “Não Conforme” ao não atendimento ao item observado e (NA) – “Não se Aplica” ao item não pertinente.

É importante ressaltar que durante as visitas nas cantinas, o questionário foi preenchido com observações no próprio local e informações prestadas pelo proprietário e/ou pelo gerente responsável pelo estabelecimento devidamente identificado.

Cada grupo de estudante apresentou relatório parcial com os resultados analisados das inspeções, para posterior apresentação aos gestores dos serviços na instituição. Os resultados para cada estabelecimento avaliado foram exibidos por meio de quadros e gráficos comparativos, identificando os principais problemas. Na análise dos dados foram considerados dois aspectos:

- Análise geral para os 115 itens avaliados em cada estabelecimento - Foi apresentado o gráfico com o percentual de conformidades, não-conformidades e NA.

- Análise da RDC 216/2004 por meio de quadro e gráficos com as NC obtidas nas inspeções apresentando os percentuais de não-conformidades por cada item.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Com base no questionário elaborado, os estudantes envolvidos visitaram os estabelecimentos e avaliaram os diversos aspectos nos procedimentos realizados para a preparação de refeições no campus universitário.

Na Figura 2 são apresentados os gráficos, conforme nomenclatura adotada, com os resultados obtidos em percentuais, para cantinas E₁, E₂ e E₃, respectivamente.

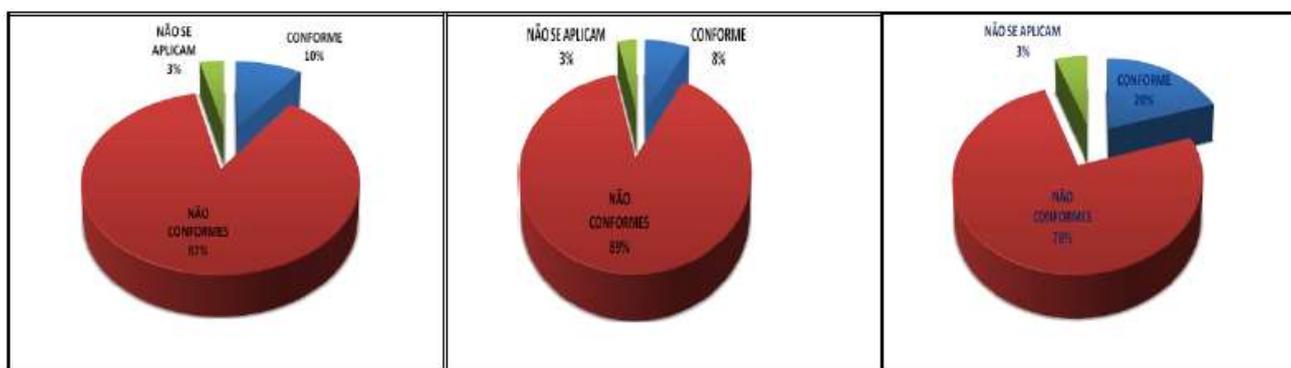


Figura 02 – Gráficos com percentuais de C, NC e NA, respectivos às E₁, E₂ e E₃.

Na análise geral, para os 115 itens avaliados em cada estabelecimento, foi verificado percentual representativo de não conformidades (NC) com os padrões sanitários exigidos na RDC 216/2004, refletindo a fragilidade do serviço nos aspectos analisados e a necessidade de melhorias na prestação e gestão do serviço por parte dos responsáveis.

No Quadro 2 são apresentados, sob o aspecto de cada categoria, os percentuais referentes aos resultados de não conformidade (NC) por cada estabelecimento.

Quadro 2 - Análise comparativa em relação à categoria e o percentual geral de NC.

ITEM	ASPECTO ANALISADO (RDC 216/2004)	E ₁	E ₂	E ₃
4.1	Edificação, instalação, equipamentos, móveis e utensílios	34%	29%	31%
4.2	Higienização de instalações, equipamentos, móveis e utensílios	8%	8%	8%
4.3	Controle integrado de vetores e pragas urbanas	1%	2%	2%
4.4	Abastecimento de água	4%	4%	3%
4.5	Manejo dos resíduos	3%	3%	3%
4.6	Manipuladores	9%	11%	12%
4.7	Matéria primas, ingredientes e embalagens	9%	10%	9%
4.8	Preparação dos alimentos	16%	15%	15%
4.9	Armazenamento e transporte do alimento preparado ¹	0%	0%	0%
4.10	Exposição ao consumo do alimento preparado	7%	7%	9%
4.11	Documentos e registros	7%	6%	6%
4.12	Outros	2%	3%	2%

Analisando os resultados apresentados no Quadro 2 foi observado que praticamente em todas as categoriais as cantinas apresentaram os mesmos percentuais de não conformidades. Esse fato foi associado à operacionalidade atual dos estabelecimentos, uma vez que as cantinas estudadas, a princípio, foram idealizadas para funcionar como lanchonetes para serviço apenas de lanche, porém com o crescimento da universidade e as novas necessidades por parte dos usuários, os estabelecimentos foram aos poucos sendo adaptadas e passaram a oferecer comida *self-service* preparadas em suas cozinhas adaptadas para atender às novas necessidades da instituição.

O dimensionamento da edificação e das instalações deve ser compatível com as operações de preparação de alimentos, devendo existir separação entre as diferentes atividades por meios físicos ou por outros meios eficazes de forma a evitar a contaminação cruzada, conforme a RDC 216/2004. Em relação a esse quesito observou-se que a área de manipulação dos alimentos não está adequada com alguns requisitos da resolução, tais como: piso, parede, teto e os equipamentos, móveis e utensílios que entram em contato diretamente com alimentos.

As condições físicas como piso, parede e teto devem possuir revestimento liso, impermeável e lavável e sempre mantidos íntegros, conservados, livres de rachaduras, trincas, goteiras, vazamentos, infiltrações, bolores, descascamentos, dentre outros e não devem transmitir contaminantes aos alimentos. Nesse aspecto, foi observado que a condição estrutural do piso e parede da área de produção alimentícia da cantina, com azulejos quebrados e descolados, condição imprópria para o uso e segurança da área de manipulação, acarretando riscos de acidentes aos funcionários, além de não possuir revestimento liso o que propicia o acúmulo de fungos, bactérias e outros tipos de contaminações prejudiciais a saúde do trabalhador.

No quesito instalações sanitárias as caixas de gordura e de esgoto devem possuir dimensão compatível ao volume de resíduos devendo estar localizadas fora da área de preparação e armazenamento de alimentos e apresentar adequado estado de conservação e funcionamento, assim como os ralos devem ser sifonados e as grelhas possuírem dispositivo para seu fechamento (RDC 216, 2004).

No decorrer da inspeção sanitária realizada, verificou-se que a caixa de gordura não é dimensionada para a quantidade de efluentes da cozinha estudada, e que sua construção não é adequada, pois a caixa de gordura (Figura 04A) não possui septo, o qual tem a capacidade de impedir a passagem de gases e pragas da tubulação de esgoto para edificação, possibilitando a existência de odores indesejados em razão da decomposição de alimentos no sistema de esgotamento sanitário. Verificou-se também que a grelha do ralo (Figura 04B) não possui dispositivo de fechamento em nos estabelecimentos visitados.



Figuras 04A e 04B - Caixa de gordura sem septo e ralo com grelha fixa.

Com base nos parâmetros de condição sanitária e de conforto, dispostos na NR-24, constatou-se que nos estabelecimento existe apenas um banheiro, um vestiário, e um lavatório para uso dos empregados, assim como não há chuveiro em funcionamento. Vale destacar que, devem existir banheiros e vestiários separados por sexo, além de lavatórios na entrada do ambiente em que se manipulam alimentos para evitar contaminações externas e que os banheiros estejam em boas condições de uso para os trabalhadores, caso não verificado na referida cantina, demonstrando que o local de trabalho não está com o perfil adequado para os funcionários atuantes naquele ambiente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, a proposta deste artigo foi descrever a experiência no desenvolvimento das atividades realizadas no projeto de extensão *Vigicampus – setor norte* do DHS/UFAM, em que foi proporcionado ao estudante do curso de engenharia civil o incremento de conhecimentos técnico e social sob o aspecto do saneamento, em especial da vigilância sanitária. Uma atividade externa que aborda o conteúdo de sala de aula e aplica-se em uma situação do cotidiano do estudante, funciona como uma troca de experiência onde o conhecimento acadêmico é levado à comunidade.

O diálogo entre os segmentos envolvidos, como as palestras, reuniões e orientações são outras estratégias de estímulo à participação da comunidade que podem estabelecer o debate dos principais desafios da área de vigilância sanitária na operação de estabelecimentos alimentícios (cantinas e/ou restaurantes).

No aspecto do objeto do trabalho, foi concluído que os principais problemas levantados por meio do diagnóstico estão associados à operacionalidade atual dos estabelecimentos, pois nos casos apresentados, foram idealizados para funcionarem apenas como lanchonetes, porém com o crescimento da universidade e as novas necessidades por parte dos usuários, foram aos poucos sendo adaptadas para o serviço de refeição, que diferente do serviço de lanche necessita de outras contemplações e parâmetros de projeto, assim como serviço desempenhado pelos manipuladores, que devem ser capacitados e habilitados em manipulação de alimentos. Porém, cabe destacar que mesmo com atividades exclusiva para lanches, os índices de não conformidades ainda são considerados relevantes.

Os resultados encontrados devem ser objeto de reflexão por meio de programas de gestão, e com isso se possa dar um salto de qualidade nos serviços prestados por esses estabelecimentos.

Contudo, os resultados encontrados indicam que um número expressivo de não conformidades poderiam ser corrigidas por parte dos permissionários em conjunto com a gestão institucional, por exemplo, os casos do controle da saúde dos manipuladores, controle de pragas e vetores etc. No entanto, esse fato, em parte, está relacionado a não haver formas mais efetivas de cobrança por parte da instituição, o que poderia ser previsto nos contratos de permissão celebrados entre as partes envolvidas.

Outro fator importante que deve ser destacado como resultado na experiência dos estudantes envolvidos no presente trabalho foi à integração deste com o Programa de Extensão em Saneamento

no Amazonas (PESA) do DHS, aprovado junto ao Ministério da Educação/Secretaria de Educação Superior (MEC/SESu) e Pró-Reitoria de Extensão e Interiorização (PROEXTI/UFAM), por meio do Laboratório de Hidrologia que busca apoiar as ações de ensino, extensão e pesquisa realizadas no DHS.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a instituição que permitiu o acesso aos estabelecimentos alimentícios, assim como os administradores responsáveis pelos estabelecimentos que apoiaram o trabalho realizado. Aos professores, técnicos, funcionários que atuaram na liderança da equipe além do engenheiro sanitário que contribuiu na realização do diagnóstico. Aos estudantes e monitores que participaram da equipe do projeto e atuaram ativamente em todo o levantamento de dados e compilação dos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada 216. Regulamenta Boas Práticas para Serviços de Alimentação, 13 de setembro de 2004.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora 24. Portaria GM n. 3214, de 08 de junho de 1978. Lex: Condições Sanitárias e de conforto nos locais de trabalho.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora 6. Portaria GM n. 3214, de 08 de junho de 1978. Lex: Equipamento de Proteção Individual.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora 7. Portaria GM n. 3214, de 08 de junho de 1978. Lex: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora 10. Portaria GM n. 3214, de 08 de junho de 1978. Lex: Segurança em Instalações e Serviços em eletricidade.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora 23. Portaria GM n. 3214, de 08 de junho de 1978. Lex: Proteção contra incêndios.

LACERDA, Ana Lucia Lopez. UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO Avaliação das condições ambientais e de segurança das cantinas da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2008. 80f. Dissertação

Capítulo 34



10.37423/210504147

APLICAÇÕES DO SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID

Thiago de Santana Souza

Instituto Federal de Sergipe

Diego Lopes Coriolano

Instituto Federal de Sergipe



Resumo: Atualmente, para superar problemas de poluição do ar e o aquecimento global, são utilizados recursos de energia renovável (solar, eólica, maré, água, biomassa etc.). O uso da energia renovável reduz significativamente a emissão de CO₂. Este trabalho visa a demonstração e análise de sistemas fotovoltaicos isolados da rede em diversos experimentos. Esta análise consiste em apresentar aplicações práticas do uso do sistema fotovoltaico off-grid. Foram utilizadas três placas fotovoltaicas de diferentes potências para acionar cargas como: motor de transferência de fluido, bomba d'água, cooler e led. Foram aferidos e discutidos a tensão e corrente elétrica dos experimentos. Percebe-se que, apesar das placas fotovoltaicas fornecerem tensão acima de 20V, é fundamental verificar a potência fornecida para o acionamento das cargas. Portanto, os experimentos foram realizados com sucesso e divulgando o uso da energia solar como sendo uma fonte de energia renovável.

Palavras-chave: Energia solar; Placas fotovoltaicas; Eficiência energética.

Apoio financeiro: PROPEX/DInovE (IFS).

INTRODUÇÃO

Responsável pelo desenvolvimento e manutenção da vida na Terra, o sol pode ser visto, de acordo com a nossa escala de tempo e com os atuais níveis de consumo energético, como uma fonte de energia inesgotável. O aproveitamento da energia gerada por este astro é, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para a humanidade (GALDINO *et al.*,2002).

Com o aumento da utilização das fontes de energias renováveis e o Brasil apresentando um dos maiores índices de irradiação solar do mundo, percebeu-se a necessidade de aproveitar ao máximo essa fonte de energia. Assim, a procura por uma fonte inesgotável de energia aumentada gradativamente, tendo a energia solar como uma excelente opção. A energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade. Isto se dá, por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica (IMHOFF,2007).

A Energia Solar apresenta inúmeras vantagens, entre os benefícios pode-se citar: é uma energia limpa, não polui, não consome combustível, a instalação é simples e sua manutenção mínima, a vida útil dos painéis é comprovadamente de 25 anos, permite a autossuficiência energética (CUORE, 2009). Todavia existem os pontos negativos que são o alto custo inicial de aquisição e níveis baixos de rendimentos dos equipamentos.

O sistema fotovoltaico off-grid, como ilustrado na Figura 1, é formado por quatro componentes: painéis solares ou placas solares, controlador de carga, inversor e baterias, que não depende da rede elétrica convencional para ser utilizado, sendo possível sua utilização em locais de difícil acesso no qual não há rede de distribuição elétrica. Sendo aplicado na utilização de carregamento de baterias de veículos elétricos, iluminação pública é até mesmo em pequenos dispositivos portáteis Albratz (2017).

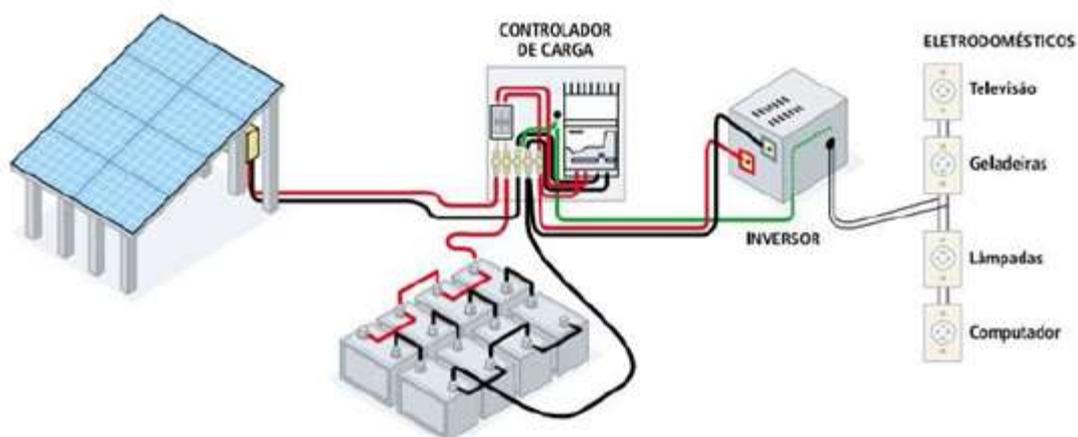


Figura 1 - Sistema fotovoltaico off-grid com armazenamento Albratz (2017).

Com isso, o objetivo geral deste trabalho é apresentar aplicações práticas do uso do sistema fotovoltaico isolado da rede. Já os objetivos específicos são: realizar práticas com placas fotovoltaicas de diferentes potências, aferir e discutir a tensão e corrente elétrica dos experimentos e divulgar o uso da energia solar.

METODOLOGIA

O experimento foi realizado no município de Lagarto-SE onde encontra-se localizado o Instituto Federal de Sergipe-Campus Lagarto. Devido ao seu clima caracterizado por altas temperaturas e elevadas taxas de irradiação solar adequadas para os experimentos.

A metodologia empregada compreende a coleta de dados, no qual foi exposta 3 placas fotovoltaicas com potências diferentes à irradiação solar. No qual alimenta um circuito com LED e resistor em série, cooler e bombas de transferência (bomba submersa e externa).

Para realizar os experimentos foram utilizadas três placas como pode ser visto na Figura 2.

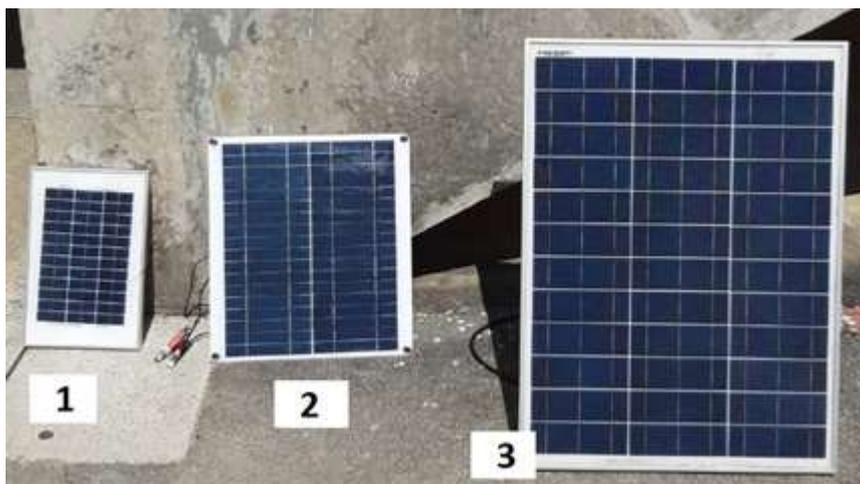


Figura 2 - Placas utilizados nos experimentos.

A Tabela 1 apresenta as especificações técnicas de cada placa, sendo verificada antes dos experimentos, a fim de não causar danos nas mesmas sendo evitado curto-circuito, e também nos aparelhos utilizado evitando uma sobrecarga na qual pode-se levar a queima dos equipamentos.

Tabela 1 -Especificações de cada painel utilizados no experimento.

Painéis fotovoltaicos	1	2	3
Potência máxima (W)	5	10	50
Corrente nominal (A)	0,29	0,30	2,77
Tensão nominal (V)	17,5	17,4	17,6
Corrente curto-circuito (A)	0,34	0,36	3,03
Tensão curto-circuito (V)	21,5	21,5	21,6

Com os dados da Tabela 1, iniciou a coletados através de medições de corrente e tensão elétrica utilizando o multímetro Hiraki modelo 2010. Os dados de tensão e corrente foram coletados no mesmo dia da medição – 17 de janeiro de 2020.

Antes da realização dos experimentos foram verificadas as especificações técnicas do LED, cooler, motor cc e bombas de transferência. Visando não sobrecarregar os módulos fotovoltaicos ou as cargas com tensão de operação maior ou menor que a carga. Como por exemplo um módulo com tensão de saída 21V e carga com tensão de operação de 12V.

Os experimentos realizados foram: acionar um LED de alto brilho utilizando três resistores diferentes e medir a corrente e tensão total fornecida pelos módulos; acionar um cooler e medir a corrente e tensão total fornecida pelos módulos; acionar um motor CC e medir a corrente e tensão total fornecida pelos módulos; transferir líquido de dois recipientes e medir a corrente e tensão total fornecida pelos módulos – utilizando duas bombas de transferência (bomba submersa e externa).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi analisado, a partir do sistema fotovoltaico, o funcionamento de um sistema off-grid montado para a alimentação de dispositivos. As condições favoráveis para o experimento do sistema foram realizadas em região livre de sombreamento onde foi posicionado os painéis solares voltado para a direção no qual houve a maior incidência de radiação solar. A Figura 2 apresenta a radiação solar no dia do experimento.

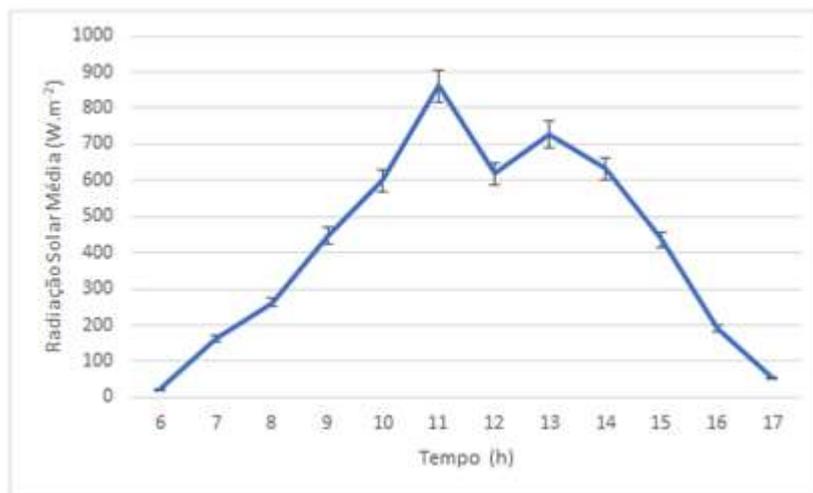


Figura 2: Radiação Solar Média em função das horas no dia dos experimentos

No primeiro experimento foi realizada a medição da resistência de cada resistor. A montagem foi um circuito em série com o LED de alto brilho e anotado e descrito na Tabela 2, percebe-se que houve pouca variação nos resultados obtidos na corrente e tensão elétrica com cada módulo utilizado, sendo mais perceptível só a tensão em cada resistor havendo uma mudança com a variação das resistências, como esperado se utilizar a lei de ohm ficaria provado que a medições feitas estão coerente com o valores teóricos.

Tabela 2-Tensão e corrente elétrica no circuito composto por resistores e um LED de alto brilho.

LED de alto brilho – Vled = 2,5V						
Módulo	Tensão (V) R = 810Ω	Corrente (mA) R = 810Ω	Tensão (V) R = 980 Ω	Corrente (mA) R = 980Ω	Tensão (V) R = 4.7 kΩ	Corrente (mA) R = 4.7 kΩ
1	19,9	21,2	19,6	17,4	19,9	3,71
2	19,8	21,2	19,6	17,3	19,6	3,71
3	20,1	21,1	19,5	17,3	19,6	3,71

No segundo experimento foi utilizado um cooler que é um sistema de arrefecimento que pode ser utilizado em vários tipos de equipamentos eletrônicos, tendo com principal funcionalidade de evitar sobrecarga de calor que estes equipamentos geram durante a sua utilização. Analisando a Tabela 3 é possível identificar que as tensões e correntes medidas, não sofreram variações, mostrando que com medições realizadas e possível obter as potências do cooler.

Tabela 3-Tensão e corrente elétrica em um cooler.

Módulo	Cooler	
	Tensão (V)	Corrente (A)
1	17,3	0,31
2	17,5	0,29
3	18,4	0,33

No terceiro experimento foram utilizadas duas bombas, sendo uma interna e outra externa no qual o principal objetivo era o transporte de fluido neste caso a água. A tensão e corrente elétrica foram coletadas e demonstrado na Tabela 4, tendo como dificuldade o funcionamento das mesmas utilizando painéis fotovoltaicos 1 e 2, pois a potência deles não foi suficiente para que as bombas conseguissem entrar em operação. sendo possível também demonstrar que há uma variação da tensão e corrente também a variação da angulação do módulo em relação aos raios solares também interferindo na geração de energia, assim como temperatura e outros fatores.

Tabela 4-Tensão e corrente elétrica obtidas em bomba interna e externa.

Módulo	Bomba Externa		Bomba Submersa	
	Tensão (V)	Corrente (A)	Tensão (V)	Corrente (A)
1	xxx	xxx	xxx	xxx
2	xxx	xxx	xxx	xxx
3	10,8	2,15	15,8	1,35

Obs : xxx mostrar que não obtivesse valores medidos .

CONCLUSÕES

A partir dos dados apresentados no decorrer dos experimentos, percebe-se que a geração de energia a partir da irradiação solar possui um grande potencial de crescimento no Brasil. Esse potencial é ainda maior quando se trata de gerar energia para alimentar componentes sem conexão com a rede elétrica e principalmente no Nordeste que tem altos índices de radiação durante todo o ano. Sendo que o sol está acessível em todos os locais da superfície do planeta e a fonte primária de energia da geração fotovoltaica.

Para atingir os objetivos proposto nos experimentos foi necessário compreender um pouco da irradiação solar no local onde foi realizado o experimento (Lagarto/SE), compreender o

funcionamento de consumo energético das cargas. Com isso, verificou-se o funcionamento de cada módulo fotovoltaico e das cargas isoladas.

Deste modo, com a fundamentação teórica adquirida foi possível analisar todo o funcionamento do sistema fotovoltaico off-grid, verificando se foi atendido os requisitos durante os experimentos. Percebeu-se que durante os experimentos, por se tratar de um projeto autônomo, constata-se que é necessário um nível de irradiação mínima durante o dia para evitar a falta de energia no sistema em qualquer período. Também foi possível verificar que com o aumento no ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos ocorre um aumento na geração de energia, com isso os meses com o menor índice de irradiação solar é possível o funcionamento de todo o sistema, otimizando os números de módulos fotovoltaicos com o ajuste do ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos.

É também de extrema importância verificar a qualidade e a confiabilidade na coletados dos dados, sendo que cada componente utilizado no experimento tem sua importância para o funcionamento do sistema tendo posteriormente uma análise coerente e um desempenho correto, aproveitando o máximo da energia disponível.

Além disso é preciso ter atenção, pois este trabalho utiliza apenas dados de irradiação direta para produção de eletricidade através dos painéis fotovoltaicos, podendo ser estudados outras tecnologias para a captação da energia do sol.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLUESOL ENERGIA SOLAR (São Paulo). Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica: Introdução aos sistemas solares. São Paulo: Bluesol, 2017. 114 p.

CUORE, Raul Enrique. Fontes de energia renováveis e seus principais benefícios para a humanidade. 2009. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/autores/cuore/>>. Acesso em: 09 fev. 2020.

IMHOFF, J. Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007. 146 f. acesso em: 29 janeiro 2020.

PALZ, Wolfgang. Energia Solar e Fontes Alternativas. São Paulo: Hemus, 2002. SEMINÁRIO SOBRE OS DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O MERCADO DE ENERGIA RENOVÁVEIS, 1, 2008, São Paulo. Brasil: Vento, energia e Investimento. São Paulo. Conselho Global de Energia Eólica, 2008.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio (Rio de Janeiro). GTES, CEPEL, DTE, CRESESB (Org.). Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. 2. ed. Rio de Janeiro: Cepel - Cresesb, 2014. 530 p.

VILLALVA, M.; GAZOLI, J. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. São Paulo: Erica, 2012. acesso em: 03 fev. 2020.

ZILLES, Roberto et al. Sistemas Fotovoltaicos conectados à Rede Elétrica. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 208 p. (Coleção aplicações da energia solar fotovoltaica).

Capítulo 35



10.37423/210504148

RASTREADOR SOLAR CONTROLADO POR ARDUINO

Thiago de Santana Souza

Instituto Federal de Sergipe

Diego Lopes Coriolano

Instituto Federal de Sergipe



Resumo – Para tornar-se competitiva no mercado, a energia fotovoltaica deve ter os seus custos menores e utilizar sistemas fotovoltaicos de maior eficiência energética. Assim todos os dias são feitas pesquisa sobre novos materiais para serem utilizados nas placas solares, aperfeiçoamento na confecção dos módulos é a utilização de técnicas de posicionamento dos painéis solares para que se obtenha a máxima potência. Este artigo apresenta um protótipo de geração fotovoltaica com rastreador solar, tendo como principal objetivo sua montagem e resultados, para ser utilizado em aplicações didáticas. O rastreador solar é um dispositivo que tem como principal objetivo proporcionar uma melhor captação da energia solar através de um sistema de rastreamento no quais utiliza-se sensores LDR. Os testes realizados na fase inicial do protótipo demostraram-se eficiente e com um bom funcionamento do rastreador. Sendo assim o protótipo mostrou-se estável e confiável, permitindo o seu uso na passagem de conhecimentos para os egressos do Instituto Federal de Sergipe.

Palavras-Chave: Arduino, Energia, Controle, Energia fotovoltaica, Sensor Solar.

INTRODUÇÃO

Atualmente tem-se aumentando a forma para otimizar a captação solar, sendo este processo denominado o rastreamento solar. Esse método tem como princípio de funcionamento o movimento dos equipamentos mecânicos e elétricos na direção do Sol. O sistema formado por materiais mecânicos e elétricos pode ter um ou dois eixos e tem como objetivo posicionar a placa solar de forma perpendicular aos raios solares incidentes nas placas. Desta maneira, permite-se um excelente aproveitamento na captação.

Segundo Castañeda (2011), existem dois tipos de rastreadores solares: os passivos e os ativos. Os passivos não utilizam nenhum controle eletrônico, sendo que sua movimentação ocorre por conta da radiação solar que incide sobre o mecanismo que possui em cada extremidade da placa, um vaso cilíndrico abastecido com um fluido mantido a certa pressão. No início do dia o painel está inclinado para a direção Oeste. Como o Sol nasce a Leste, o fluido que está no lado Leste evapora, sendo transferido para o lado Oeste. Dessa forma a placa se move através do desequilíbrio de massa provocado no sistema. Um exemplo de seguidor solar passivo pode ser visto na Figura 1.

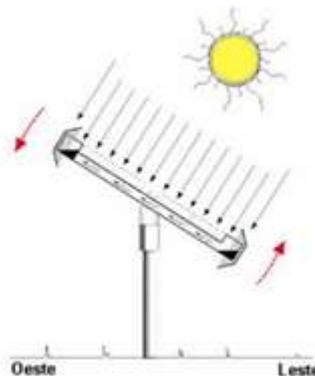


Figura 1: Seguidor Solar Passivo.

Fonte: (OLIVEIRA, 2007).

Já os rastreadores ativos tem um sistema eletrônico que controla a posição da placa solar em função da leitura de sensores, como os de luminosidade. O movimento pode ser feito através de atuadores ou motores de passo, por exemplo (LIRA, 2014). Oliveira (2007) ainda cita que o seguidor solar ativo pode trabalhar em um ou dois eixos. O primeiro tem seu eixo na direção Norte-Sul, com seu arranjo girando de Leste a Oeste para se alinhar com o Sol ao longo do dia, como pode ser visto na Figura 2. O seguidor de dois eixos possui um segundo eixo, que permite o ajuste da inclinação da placa, podendo se adaptar às inclinações do Sol ao longo do ano.

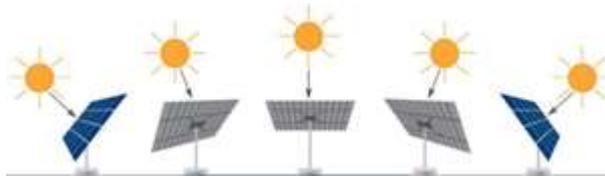


Figura 2: Rastreador Solar Ativo.

Fonte: (PORTAL SOLAR, 2017).

Com o aumento da captação de radiação solar direta os sistemas que utilizam os seguidores solares, ou seja, que ajustam o ângulo das placas fotovoltaicas de acordo com a posição do Sol no transcorrer do dia, produzem maior quantidade de energia que os sistemas com a placa fotovoltaica fixa. A implementação de um seguidor solar traz a perspectiva de aumento, em média, 25% a produção total de energia gerada em relação ao sistema de eixo fixo.

Outra vantagem de um sistema fotovoltaico que utilize o rastreamento refere-se na forma como a potência é entregue à rede. Como pode-se observar na Figura 3, em um sistema fixo ocorre um aumento significativo na quantidade gerada de energia durante o dia, de modo que em torno do meio-dia ocorre o pico máximo de produção de energia. Em contrapartida, nos sistemas que utiliza os rastreadores a geração é constante desde o início da manhã até o fim da tarde. Aliás, com os constantes avanços em relação à tecnologia eletrônica tem obtido uma redução na preocupação com a manutenção dos sistemas com seguidores solares.

A montagem do projeto, para fins de teste e de estudo, foi realizado utilizando os componentes com a estrutura MDF. Tendo em vista que um dos objetivos alcançados nesta etapa foram: a calibração dos servo motores, utilizando o código desenvolvido para que rotacionassem de



Figura 3: Diferença da energia gerada: sistemas fixos vs. seguidor solar.

Fonte: VALLDORREIX GREENPOWER.

Atualmente, um dos principais impasses do sistema com rastreamento é o aumento do custo para sua implementação. Isto ocorre pois são utilizadas tecnologias mais complexas e um número maior de peças que garantam a mobilidade da estrutura.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL

Componentes utilizados no desenvolvimento do projeto necessárias para montagem:

- Estrutura em MDF para Rastreador Solar Arduino;
- 1 x Placa Uno SMD + Cabo USB para Arduino;
- 1 x Mini Painel Solar Fotovoltaico 12V;
- 1 x Extensor de Portas 0 a 6V 10 Saídas com Jack P4 - EPX10;
- 1 x Fonte de Alimentação Chaveada 5VDC 1A;
- 2 x Micro Servo Motor 9g SG90 180°;
- Jumpers;
- 4 x LDR Sensor de Luminosidade 5mm;
- 4 x Resistores 330R 1/4W;
- Parafusos.

MÉTODOS

forma adequada. Como pode-se observar no esquema de ligação que encontra-se na Figura 4.

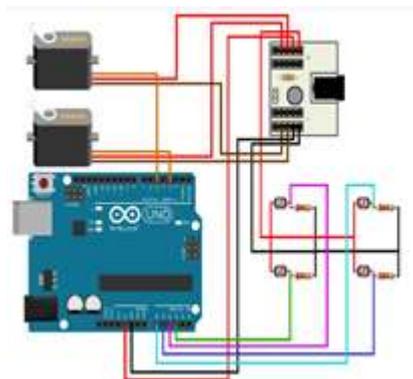


Figura 4 -Esquema de Ligação do Rastreador Solar com Arduino.

Autoria:(USINAINFO).

O princípio para o funcionamento do LDR é que as sombras feitas pelas abas obtidas pelo movimento do sol durante o dia faça com que à diferença de luminosidade entre os sensores, movimentando a

base feita de MDF com a utilização dos servos motores. A instalação dos sensores LDR realizado no projeto tem como uma das principais características à diminuição da quantia de fios no projeto.

Por fim, todas as ligações realizados entre os componentes do sistema, foi feita de forma a possibilitar seu funcionamento e a análise dos resultados do rastreamento. O protótipo final pode ser encontrado na Figura 5.



Figura 5: Rastreador Solar com Arduino e Sensor LDR.

Autoria própria.

A programação foi elaborada no ambiente de desenvolvimento próprio do Arduino, chamado Arduino IDE. Tendo como a linguagem de programação utilizada sendo a C++.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o projeto montado, a próxima etapa do foi a realização dos testes com o objetivo de avaliar a eficiência do sistema de rastreamento solar de dois eixos em comparação a uma estrutura de eixo fixo. O ensaio foi realizado na cidade de Lagarto (SE). O experimento foi conduzido no dia 02 de outubro de 2020. Durante esse dia o nascer do Sol ocorreu em torno das 5h15 e o pôr do sol por volta das 17h30.

Foi possível analisar que a intensidade de luz que era incidida nos sensores LDRs, era um indicativo que tenhamos válida na quantidade de energia que chegava ao sistema. Com isso, foram realizadas medições da tensão na entrada analógica do microcontrolador referente ao sensores LDRs. O período entre cada uma das medições foi de 1 hora. Para este procedimento foi utilizado um multímetro digital.

Pode-se observar que tensão é diretamente proporcional à potência gerada pelo sensor, com estas medições têm o intuito de mostrar a característica de rastreamento para cada um dos casos estudados. Além disso, a variação climática no decorrer do dia serve como uma variável de comparação entre os diferentes valores analisados.

Na Tabela 1 pode-se observar os resultados encontrados tanto para o ensaio realizado com o seguidor solar de dois eixos, quanto para o sistema de eixo fixo. Destacar-se que para a realização das medições com o eixo do protótipo fixo, algumas partes do código elaborado foram deletadas, tendo como objetivo interromper o deslocamentos dos servo motores para que os sensores LDR permanecem no mesmo local durante toda a medição.

Tabela 1: Valores registrados no ensaio do dia 02/10/20.

Horário	Dois Eixos (volts)	FIXO (volts)
07:00	4,39	3,45
08:00	4,52	3,98
09:00	4,64	4,29
10:00	5,31	4,44
11:00	5,65	5,45
12:00	6,22	6,02
13:00	6,38	6,12
14:00	6,1	5,36
15:00	5,28	4,93
16:00	5,02	4,48
17:00	4,59	5,01
18:00	4,02	3,31

Fonte: Elaboração própria

Através dos valores coletados foi possível plotar um gráfico da tensão medida no sensor durante o dia do experimento.

Dessa forma, constata-se quando o Sol está entre os horários da 11 as 13 horas, a tensão do sensor praticamente torna-se equivalente nas duas configurações propostas. Para os horários fora deste período é nítido um desempenho maior na captação do sensor no sistema de rastreamento solar com 2 eixos.

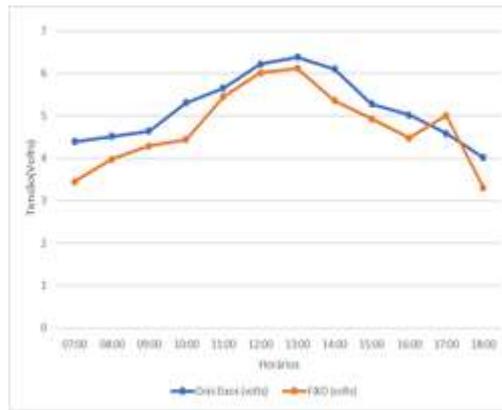


Gráfico 1: Tensão do sensor LDR superior esquerdo obtida durante o ensaio.

Fonte: Elaboração própria.

CONCLUSÕES

Este trabalho demonstrou um protótipo de Rastreador Solar, controlado por Arduino. O sistema apresentou ser capaz de executar a função proposta apesar de nota-se pequenas imprecisões detectadas, sendo que melhorias foram realizadas durante a etapa de medições, colocando em prática uma visão do que um engenheiro deve realizar quando se deparar com os mais diversos tipos de problemas. A plataforma Arduino demonstrou ser um sistema robusto e de fácil uso, executando o controle do Rastreador. É importante destacar que o uso do Arduino no desenvolvimento do protótipo, permitiu que o mesmo tivesse um custo final de produção baixo, pois nos componentes utilizados no projeto são em sua maior parte de pequenos preços, além de possuir ampla disponibilidade, tanto em lojas físicas ou na internet. Tendo em vista que esse protótipo possa ser utilizado em parque solar, ou até mesmo numa instalação fotovoltaica residencial de modo a se aumentar a produção de energia elétrica pelas placas. Este é um projeto que serve como base para ser utilizado no desenvolvimento de diversos outros projetos, sendo que sua aplicação em áreas externas, por exemplo, torna necessária a incrementação de um módulo RTC para que a placa solar seja reposicionada no início do dia caso chegue a um extremo sem contato solar.

Assim como é possível ampliar o projeto acrescentando uma bateria recarregável ao painel solar no qual pode-se realizar a alimentação do Arduino através desta, o que integraria mobilidade e independência ao projeto.

Dessa forma, o protótipo montado pode ser visto como uma grande oportunidade para inúmeras melhorias, podendo ter como base para posteriores produções acadêmicas e até mesmo para ser utilizado em sala de aula, complementando a aprendizagem de conhecimentos referentes a conceitos

como energia solar, eletrônica analógica e digital, programação, entre outros. Além disso, surge a oportunidade para a utilização de Rastreadores Solares na região de Lagarto (SE).

REFERÊNCIAS

BLUESOL. Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica. Livro Digital. Disponível em: <http://programaintegradoronline.com.br/livro/?utm_source=sitebluesol&utm_medium=livro-solar&utm_campaign=leads-iscas>. Acesso em 03 de out. de 2020.

CDS. Fotoconductive Cells. Disponível em:

<https://www.robocore.net/upload/attachments/sensor_ldr_gl5528_145.pdf>. Acesso em 3 de out. de 2020.

VALLDOREIX GREENPOWER. The Benefits of Solar Trackers. Disponível em:

<<http://www.valldoreix-gp.com/the-benefits-of-solar-trackers/>>. Acesso em 02 de out. De 2020

Capítulo 36



10.37423/210504169

A CONTRIBUIÇÃO DOS SISTEMAS BIM PARA O PLANEJAMENTO ORÇAMENTÁRIO DAS OBRAS PÚBLICAS: ESTUDO DE CASO DO AUDITÓRIO E DA BIBLIOTECA DE PLANALTINA-DF

Ludmila Santos de Andrade

Universidade de Brasília



Resumo: O atual procedimento de elaboração de planilhas orçamentárias é questionável devido às inúmeras obras públicas inacabadas no país. Uma das causas principais são os erros de quantitativos que aumentam os custos das obras e conseqüentemente a quantidade daquelas não concluídas. Apresentamos neste artigo um estudo sobre a contribuição dos sistemas BIM (*Building Information Modeling*) no planejamento orçamentário dessas obras. Verificamos que o uso dos sistemas BIM contribui para reduzir as inconsistências orçamentárias e oferece mais eficiência e precisão em relação à mesma. Nesta pesquisa fizemos um estudo de caso de uma obra pública inacabada. Trata-se do Auditório e a Biblioteca de Planaltina. O projeto desta obra foi modelado para comparar os quantitativos calculados manualmente com aqueles extraídos de um sistema BIM. O resultado desta comparação indicou que 82,9% dos itens orçamentários são favoráveis ao sistema BIM. Isto sugere que a extração automática exata dos quantitativos é uma questão extremamente importante para a economia dos cofres públicos e para a redução da quantidade de obras inacabadas.

Palavras-chave: Obras públicas inacabadas. Sistemas BIM. Extração de quantitativos.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta uma pesquisa sobre uma nova abordagem para questão das obras públicas inacabadas no Brasil. Um dos problemas principais que foram identificados e estudados são as imprecisões da planilha-orçamentária destas obras.

No sentido de responder à problemática destas obras inacabadas, estudamos o uso dos sistemas BIM (*Building Information Modeling*) na fase de cálculo dos quantitativos de uma delas. Investigamos, por meio de um estudo de caso, como o uso dos sistemas BIM contribuem para reduzir as inconsistências destes quantitativos.

Os sistemas de modelagem da informação da construção, BIM, foram concebidos e desenvolvidos a partir de várias técnicas. Uma delas é a parametrização de artefatos arquitetônicos (BRIDGES, 1993). Nesses sistemas o arquiteto constrói um modelo virtual da edificação que conterà, não somente a geometria dos componentes construtivos, mas também as informações sobre os atributos, comportamentos e inter-relações dos elementos arquitetônicos (GROSS, MARK e GOLDSCHMIDT, 2009).

O objetivo geral desta pesquisa foi verificar a contribuição em relação aos ganhos de eficiência e de maior precisão da planilha orçamentária.

Os objetivos específicos, comparar os serviços baseado nos quantitativos de insumos da obra real e inacabada de Planaltina utilizando dois métodos: a prática usual das repartições públicas baseados no sistema bidimensional por meio dos quantitativos imprecisos calculados manualmente pela própria equipe técnica do órgão licitante, em comparação com um sistema BIM mais preciso, ou seja, automaticamente.

No sentido de validar nossa hipótese adotamos os seguintes procedimentos: modelamos um projeto real de obra pública inacabada no sistema BIM Revit. A seguir extraímos deste sistema o quantitativo de serviços para compará-lo com o cálculo manual praticado no âmbito das repartições públicas atuais.

Os resultados obtidos foram tabelados e apresentados no item 6.1. Identificamos a diferença entre a somatória da quantidade de itens acumulada que reflete as inconsistências da planilha e os prejuízos causados aos cofres públicos. Os resultados encontrados sugerem que por meio do uso dos sistemas BIM é possível reduzir os custos (FISCHER, 1998) significativamente. Outra vantagem é que os sistemas BIM ao criar as listas de tabelas mais precisas, permite ao arquiteto uma maior liberdade de projeção

sem preocupação com inconsistências futuras, porque as listas são dinamicamente atualizadas de acordo com as alterações que ocorrem no modelo (KOLAREVIC, 2003).

2 A DIMENSÃO DO PROBLEMA

A área da construção civil sempre se destacou no cenário nacional como sendo de investimento de grande vulto no âmbito da administração pública. Há que se considerar não apenas a sua materialidade, mas também a sua inclusão social ao se concluir uma dada obra para uma comunidade ou uma sociedade em geral.

Devido a importância das obras públicas inacabadas, foi criada em 1995, uma Comissão Temporária do Senado Federal, destinada a inventariar as obras inacabadas. Aquela comissão verificou a existência de 2.214 obras inconclusas patrocinadas com recursos públicos que atingiram, naquela época, o montante aproximado de R\$ 15 bilhões de Reais.

“ Encontramos obras inacabadas de todas as idades e em diversos estágios de abandono. A ferrovia Transnordestina, por exemplo, deve ser considerada a obra inacabada mais antiga do país, pois sua construção teve início ainda no Império e continua inconclusa, a desafiar administrações e gerações. [...]” (BRASIL, 1995).

Uma obra paralisada ou inconclusa representa um claro descumprimento ao princípio da moralidade pública, em razão do desperdício de recursos escassos. Deve-se ressaltar ainda que uma obra inacabada transmite ao povo a mensagem que o Governo ainda não sabe planejar. Desta forma, uma obra paralisada significa dupla penalização à população: pela ausência da edificação e pelo desperdício e desdém com coisa pública pelo Governo².

Como consequência, existe a prática frequente de fazer alterações projetuais baseada na aceitação de que os desperdícios decorrentes são “inerentes” às obras públicas, conforme o contexto do relatório do Senado Federal. Essa percepção negativa gera a crença de que não há mais nada que possa ser feito para solucionar este problema importante. Esta percepção aceita como verdadeira por uma grande parcela da sociedade está em desacordo com as reais necessidades da mesma, que deve buscar a eficiência e o menor custo da construção civil.

3 O ESTUDO DE CASO PARA VALIDAR A HIPÓTESE

A obra estudada consiste em uma edificação térrea com dois usos definidos. Trata-se de uma Biblioteca e um Auditório, somando-se uma área total de 1.248,00 m².

Figura 1: Localização da obra



Fonte: <http://maps.google.com/maps?hl=es&tab=wl>

A localização exata da edificação está marcada com o alfinete amarelo. Situa-se dentro dos limites do Complexo Federal de Escolas Técnicas Agrícolas, pertencente ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de XXX, Campus XXX. A seguir encontram-se algumas fotos da situação atual.

Figura 2 Vista externa da edificação objeto de estudo



Fonte: Foto arquivo pessoal.

Figura 3 Vista interna do auditório inacabado



Fonte: Foto arquivo pessoal.

Modelamos esta edificação de Planaltina nos sistemas BIM Revit, a partir das plantas baixas, cortes e fachadas, memorial descritivo de construção e da planilha orçamentária, existentes, como base para elaborar o referido modelo. No entanto, as informações contidas nestes documentos não estão coordenadas em consequência da representação bidimensional.

Devido a inúmeras inconsistências encontradas na planilha-orçamentária a obra foi entregue inacabada, em meados de abril de 2011. Até o presente a situação está inalterada. Não há data prevista finalizar a obra e nem de seu uso pela comunidade acadêmica daquela região extremamente carente.

A escolha deste edifício levou em consideração sua arquitetura simples, estrutura em concreto armado moldado in loco, vedação em tijolo cerâmico furado, cobertura em estrutura metálica e telha metálica tipo sanduíche. Este estudo permite que os resultados a serem alcançados possam ser facilmente reaplicados por outros pesquisadores.

4 SISTEMAS BIM

O mais antigo registro do conceito que hoje se conhece como sistemas BIM foi “Building Description System”, publicado no extinto Jornal AIA por Charles “Chuck” Eastman, então professor na Universidade de Carnegie-Mellon, em 1975. O artigo de Eastman incluiu o conceito hoje comum dos sistemas BIM como:

“...definição interativa de elementos... derivação de cortes, plantas isométricas ou perspectivas a partir da mesma descrição dos elementos de origem ... Qualquer mudança de arranjo deverá ser feita apenas uma vez para todos os desenhos futuros a serem atualizados. Todos os desenhos derivados do mesmo arranjo de elementos deverão ser atualizados automaticamente de forma

consistente...Qualquer tipo de análise quantitativa poderá ser gerada diretamente da descrição do elemento.. Estimativas de Custos e ou quantidades de materiais podem ser extraídas facilmente do modelo... provendo um único banco de dados para análises visuais e quantitativas... verificação automatizada do edifício de acordo com o código de prefeituras ou no escritório do arquiteto. Construtores de grandes projetos podem achar esta representação vantajosa para cronogramas e requisitar materiais.” (EASTMAN 1975, apud, LAISERIN, 2008, in EASTMAN, 2008, p. XI.)

Os sistemas BIM fornecem um modelo virtual tridimensional preciso e completo do que será construído. Permite a geração de dados necessários para a fabricação digital e edificação, particularmente, a quantificação de materiais (FLORIO, 2007).

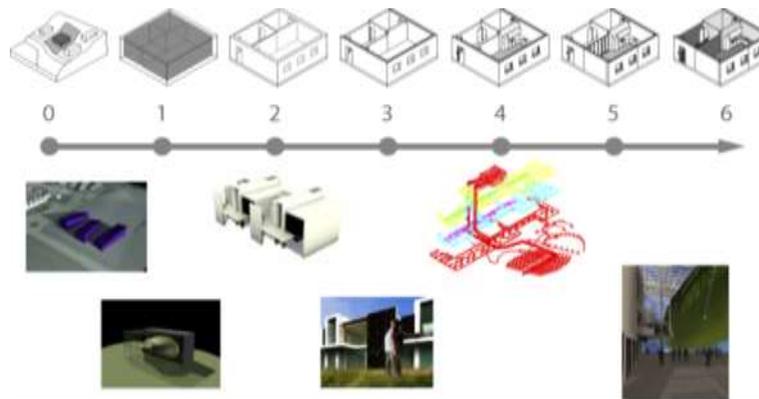
O conceito dos sistemas BIM, a seguir, apresentado pelo professor, Eduardo Toledo Santos, coordenador do Grupo BIM e especialista em Tecnologias da Informação aplicadas à Construção Civil, corrobora com Eastman quanto à quantificação de materiais e à atualização automática das informações do projeto no modelo.

“O uso do BIM pode proporcionar quantificação automática e precisa e, conseqüentemente, reduz a variabilidade na orçamentação e aumenta a sua velocidade, permitindo a exploração de mais alternativas de projeto sem sobrecarregar a atividade de orçamentação.”(Guia da Construção, 2001, p.1).

A forma da projeção nos sistemas BIM não é somente uma representação geométrica do mesmo (KALISPERIS, 1996). É possível extrair informações do modelo a qualquer momento para enviá-las a outro software ou apenas extrair os quantitativos de materiais entre outras possibilidades.

A Figura 4, abaixo, representa o conceito de modelo único que compreende todas as fases do projeto, e por isto o processo de desenvolvimento do projeto pode ser contínuo (SUERMANN, 2009). A informação extraída estará atual e consistente, portanto diminui os erros de extração de quantitativos e o tempo necessário para a extração dos dados (DAMRONG e HADIKUSUMO, 2003).

Figura 4 Os níveis de informação do projeto



Fonte. <http://www.detdigitalebyggeri.dk/content/view/82/345/1/1>

Um projeto elaborado por meio dos sistemas BIM reduz consideravelmente o custo típico de uma construção por extrair com precisão os quantitativos diretamente do modelo. Em grandes projetos, isto poderia facilmente representar uma economia significativa para construção. (TAKASH, 2007)

5 MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O primeiro procedimento que adotamos foi modelar a edificação em um sistema BIM que escolhemos: Revit. Usamos como base as projeções ortográficas originais do projeto executado tais como planta-baixa, cortes e elevações do auditório e biblioteca. Na elaboração do modelo adotamos os seguintes procedimentos conforme apresentamos na tabela 1 abaixo.

Tabela 1 Conjunto de procedimentos utilizados para comprovar a hipótese

Inserção do grid →	Inserção das paredes →	Inserção dos elementos estruturais	
Inserção de portas e janelas →	Inserção de rampas →	Inserção do telhado →	Geração Automática das Listas dos quantitativos

Fonte: Autores (2012)

As tarefas apresentadas na tabela acima foram executadas para permitir a extração dos quantitativos de materiais e serviços necessários para calcular os custos da edificação. A inserção do *grid* basicamente define os vários níveis de cota da edificação, tais como cota de piso, cota de laje e cota de telhado. A inserção das paredes seguiu as dimensões originais, componentes e especificações pré-estabelecidos no projeto. Foi necessário executar apenas alguns procedimentos para configurar os

parâmetros dos componentes e depois fazer a inserção das paredes no modelo para definir o volume. O modelo pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5 A biblioteca e auditório modelado no BIM



Fonte: Autoria nossa.

6 A INFORMAÇÃO GERADA

As imagens que ilustram parte deste processo de modelagem no sistema BIM (Revit) são apresentadas a seguir.

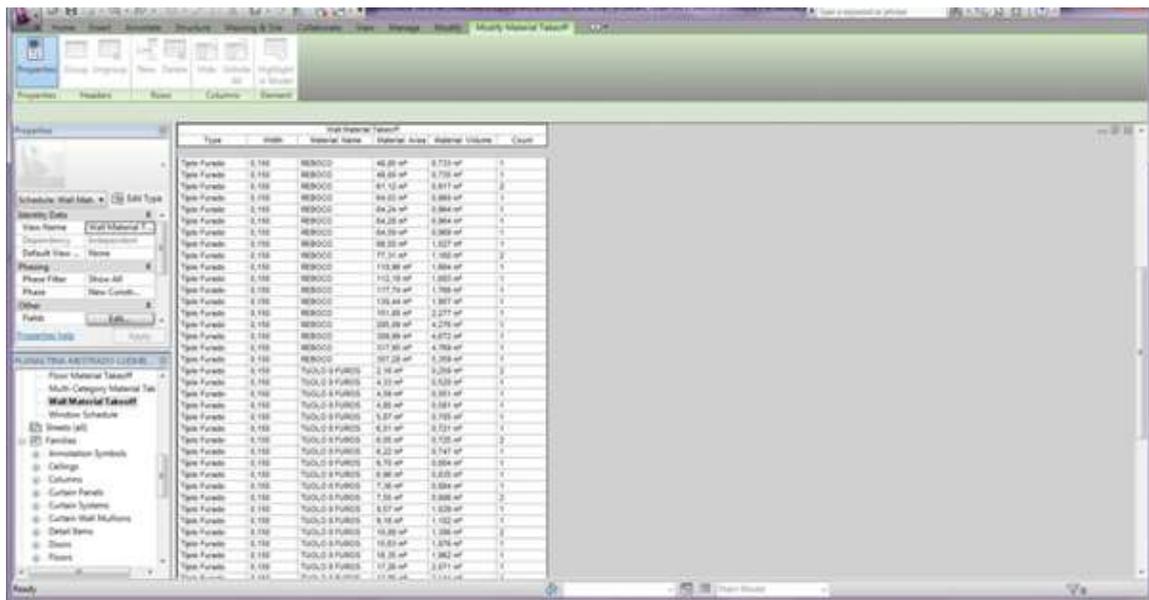
Para a comparação de resultados parti-se do pressuposto que não há uma planilha de quantitativo de insumos correta. É possível apenas ter um quantitativo mais preciso, leva-se em consideração o critério de maior precisão na inferência da análise dos métodos de cálculo utilizados. Os sistemas manuais baseado nas representações bidimensionais são mais imprecisos porque são fragmentados com aquele mais preciso por ser automático e único extraído do sistema BIM.

Figura 6 As camadas de informação do modelo



Fonte: Autoria nossa.

Figura 7 O modelo já inclui objetos e famílias dos componentes



Fonte: Autoria nossa.

6.1 A COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Os quantitativos resultantes estão apresentados lado a lado para comparar os quantitativos originais com aqueles que o sistema Revit possibilitou extrair.

Tabela 2 Planilha de comparação dos quantitativos manuais com os automáticos.

PLANILHA DE ORÇAMENTO					
ITEM	SINAFI	DISCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT. ORIG.	QUANT. BIM
03.01.600		Impenetrabilização			
03.01.700	72075	Pintura com emulsão betuminosa	m²	316,66	302,61
03.01.701	73394	Vigas Baktrame	m²	316,26	302,61
03.01.702	5618	Fornas	kg	1.144,31	749,83
03.01.703	74137/004	Armadura	m³	17,55	11,50
03.02.000		ESTRUTURAS DE CONCRETO			
03.02.100		Concreto Armado			
03.02.110		Formas			
03.02.111	73410	Fornas	m²	291,80	126,09
03.02.112	5618	Armadura	kg	2.637,00	1.269,62
03.02.113	74137/004	Concreto usinado com fck 25 MPa	m³	17,37	8,69
03.02.114		Elemento de proteção solar em concreto armado			
03.02.111	73410	Formas	m²	94,40	95,04
03.02.112	5618	Armadura	kg	204,75	427,68
03.02.113	74137/004	Concreto usinado com fck 25 MPa	m³	4,55	9,50
03.02.120		Vigas de Cobertura			
03.02.121	73410	Formas	m²	757,11	302,61
03.02.122	5618	Armadura	kg	6.366,40	1.667,07
03.02.123	74137/004	Concreto usinado com fck 25 MPa	m³	76,50	11,50
03.02.130		Lajes de Cobertura			
03.02.131	5987	Formas	m²	933,65	956,75
03.02.132	5618	Armadura	kg	8.773,90	8.015,66
03.02.133	74137/004	Concreto usinado com fck 25 MPa	m³	138,39	193,15
03.02.140		Moldo de armo			
03.02.141	73394	Fôrma	m²	98,70	50,95
03.02.143	73643/001	Concreto ciclopico com 30% de pedra argamassada	m³	24,67	18,65
04.00.000		ARQUITETURA E ELEMENTOS DE URBANISMO			
04.01.000		Arquitetura			
04.01.100		Parades			
04.01.102	73935/001	Avenaria de tipo cerâmico de 1/2 vez	m²	774,20	951,14
04.01.105	73996/001	Avenaria de blocos de concreto estrutural	m²	258,00	178,03
04.01.113	9876	Avenaria de elementos vazados de concreto	m²	40,03	39,00
04.01.201	CPU	Esquadrias			
04.01.201	73838	Porta de abrir de madeira com revestimento melamínico branco e portais envernizados de (0,90x2,10) mts	und	6,00	6,00
04.01.202	CPU	Porta de abrir de vidro temperado com bandeira (0,90x2,10+1,00) mts	m²	32,40	30,79
04.01.203	CPU	Porta de abrir de madeira com revestimento, melamínico e veneziana de ventilação (1,00x2,10) mts	m²	2,10	2,10
04.01.204	CPU	Porta de abrir de madeira com revestimento melamínico e veneziana de ventilação (0,90x2,10) mts	m²	1,89	1,89
04.01.206	26292/017	Porta de correr de vidro temperado (2x470x76) cm de (4,70x4,00) mts	m²	18,80	18,80
04.01.206	74071/002	Porta de abrir veneziana de alumínio natural fixada em ornamento granito com trilha livre/ocupado (0,80x1,60) mts	m²	5,12	5,12
04.01.207	74071/003	Porta de abrir veneziana em alumínio natural fixada (0,60x1,60) mts	m²	8,64	8,64
04.01.208	73632	Porta de correr acústica/porta-fogo com barra anti-pânico e revestimento melamínico (estampada de madeira) e trinco superior (2,00x2,10) mts	m²	4,20	4,20
04.01.209	CPU	Porta de correr em duas folhas (2x300x400) cm em madeira com revestimento melamínico (estampada de madeira) e trinco superior (7,00x4,00) mts	und	28,80	28,80
04.01.210	74071/002	Porta de abrir veneziana metálica com pintura esmalte grafite brilhante	m²	1,60	1,60
04.01.211	26292/017	Janela de correr de vidro temperado (2,50x0,75) mts	m²	7,50	3,75
04.01.212	26292/017	Janela de alumínio natural e vidro e seções horizontais com altura de 75cm com 04 (quatro) seções (5,60x2,75) mts	m²	1,00	2,70
04.01.213	CPU	Janela de alumínio natural e vidro e seções horizontais com altura de 75cm com 04 (quatro) seções (5,60x2,75) mts	m²	78,40	61,60
04.01.214	CPU	Janela de correr com painel de vidro temperado com lâmina vertical fixas com lâmina superior de correr h=75cm em montante de alumínio (5,60x2,00) mts	m²	11,20	11,20
04.01.215	CPU	Janela de alumínio natural e vidro e seções horizontais com altura de 75cm (5 seções sendo uma de correr) (27,00x3,75) mts	m²	121,60	101,25
04.01.216	26292/009	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixas (6,30x4,00) mts	m²	25,40	25,40
04.01.217	26292/010	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixas (6,20x4,00) mts	m²	20,80	20,20
04.01.218	26292/011	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixas (1,40x4,00) mts	m²	5,60	5,60
04.01.219	26292/012	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixas (6,40x4,00) mts	m²	21,60	21,60
04.01.220	26292/013	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixas (6,00x4,00) mts	m²	20,20	20,20
04.01.221	26292/014	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixas (6,30x4,00) mts	m²	21,40	20,20
04.01.222	26292/015	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixas (4,90x4,00) mts	m²	19,60	19,60
04.01.223	26292/016	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixas (7,50x4,00) mts	m²	30,00	28,00
04.01.224	26292/017	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixas (2,00x3,00) mts	m²	2,12	2,12
04.01.226	CPU	Porta de 02 (duas) folhas em painel de madeira com vidro (2x470x76) cm com revestimento melamínico (2,30x3,70) mts	m²	68,31	68,31
04.01.226	26292/017	Painel de vidro temperado com lâmina vertical fixas (4,32x4,00) mts	m²	1,00	1,00
04.01.400		Cobertura e Fechamento Laterais			
04.01.402	73632	Faixas de fibrocimento de 6mm incluindo junta de vedação e acessório de fixação	m²	749,28	633,45
04.01.410	CPU	Faixas compostas termo acústica tipo PUR	m²	641,71	736,44
04.01.417	73744/001	Cuneeira em fibrocimento universal incluindo junta de vedação e acessório de fixação	m	14,64	14,64
04.01.417	CPU	Cuneeira para faixa acústica tipo PUR	m	48,30	48,30
04.01.500		Revestimento			
04.01.510		Revestimento de Piso			
04.01.511	72195	Lajota de concreto rústico (80x80) cm e espessura de 50mm com rejunte de 50mm preenchido com pó de grama	m²	177,80	161,92
04.01.512	74108/001	Piso cerâmico (20x20) cm na cor bege	m²	29,18	79,42
04.01.513	CPU	Piso de lajotas regulares de Porcelanato (Parapósis) com rejunte de argamassa clara de 15mm de espessura	m²	113,78	113,78
04.01.520	72196	Piso monolítico industrial auto nivelante	m²	613,40	347,52
04.01.523	10708/insumo	Piso em carpete auto-trafego	m²	382,49	279,00
04.01.527	73629	Ladrão cimentício (20x20) cm na cor cinza	m²	212,29	204,11
04.01.528	73907/001	Contrapiso e regularização de base de concreto simples com espessura de 80mm	m²	1.243,19	956,66
04.01.529	73806/001	Rodapé em kerolux com altura de 100mm	m	338,67	248,66
04.01.530	73808/001	Painel de grama no corredor externo do auditório	m²	90,35	90,35
04.01.530		Revestimento de Parede			
04.01.531	5974	Chapisco	m²	1.548,40	951,14
04.01.532	5983	Imboço	m²	294,40	294,40
04.01.533	74201/001	Reboco	m²	1.284,00	951,14
04.01.534	73912/001	Cerâmico (20x20) cm branco com altura de 2,00m	m²	166,72	146,00
04.01.534	73667	Cerâmica (10x10) cm assentado na horizontal com rejunte cinza	m²	70,80	50,75
04.01.542	1212/insumo	Carpete de 3mm	m²	79,60	66,20
04.01.560		Pinturas			
04.01.561	74134/002	Massa corrida acrílica com duas demões	m²	1.223,60	1.120,44
04.01.569	73644/001	Tinta acrílica do 03 demões	m²	1.223,60	1.120,44
04.01.576	73965/002	Resina laje de concreto	m²	933,66	956,75

Fonte: Autores(2012)

Observe-se que os elementos arquitetônicos foram apresentados em unidades diferentes, tais como metro quadrado e metro cúbico, etc. Por isto não era possível calcular-se um percentual geral de diferenças entre os resultados manuais e automáticos, pois uma comparação percentual total da informação seria inadequada. Portanto, foi necessário comparar os resultados conforme o mesmo tipo de medida, ou seja, por números de itens favoráveis e desfavoráveis àquele sistema BIM adotado. Um resultado foi considerado favorável ao sistema BIM quando o valor obtido neste foi inferior àquele calculado manualmente.

Cabe lembrar que os serviços são baseados na composição dos quantitativos de insumos (materiais, mão-de-obra e equipamentos), que relacionam os componentes adequados e indispensáveis para a correta execução do serviço que é discutido neste artigo.

No sentido de facilitar o nosso estudo comparativo, elaboramos a Tabela 3, a seguir, que apresenta o total de itens e as quantidades de itens favoráveis ao sistema BIM proposto e a quantidade de itens favoráveis ao sistema manual. Esta foi a medida mais correta para verificar a hipótese apresentada. A tabela 3 a seguir resume as ocorrências de itens que corroboram com a nossa hipótese.

Tabela 3 Quantidades de todos os itens favoráveis ao sistema BIM e favoráveis ao sistema manual.

	Total de Itens	Favoráveis ao BIM	Favoráveis ao sistema manual
Elementos Estruturais	19	13	6
Revestimentos	29	27	2
Vedações	22	18	4
Total	70	58	12

Fonte: Autores (2012)

No sentido de facilitar o entendimento da tabela 3 calculamos o somatório dos 70 itens em três parâmetros. O quadro acima mostra resumidamente que o total de itens favoráveis ao sistema BIM é significativamente maior do que aqueles calculados manualmente.

Para entender melhor a situação da planilha-orçamentária optou-se por exemplificar apenas os dois limites últimos de imprecisão, a melhor e pior situação encontrada como pode ser vista na tabela a seguir.

Tabela 4 Tabela para apresentar exemplos das diferenças de inconsistências entre os dois sistemas, a maior e menos imprecisão dos quantitativos.

Serviços	Quantitativo manual licitado pelo órgão	Quantitativo automático BIM
Pilar de proteção consumo de aço CA 50-A	204.75Kg	427.68 Kg
Viga de cobertura Concreto usinado fck 25 MPa	76.55 m³	11.50 m³

Fonte: Autores (2012)

Desta informação acima pode-se inferir que nem sempre o menor quantitativo será o mais adequado para a correta execução dos serviços. Porém o que se discute neste artigo é a situação de imprecisão do planejamento das planilhas-orçamentárias no âmbito das repartições públicas e a contribuição do sistema BIM para o auxílio e precisão, menor variabilidade de quantitativos, no processo orçamentário.

7. CONCLUSÃO

Observamos a existência de vantagens consideráveis decorrentes do uso do sistema BIM no que se refere aos números constantes na coluna que corresponde aos itens favoráveis.

A somatória da quantidade de itens favoráveis ao uso do sistema BIM é de 58 em um total de 70, ou seja, 82,9%. A porcentagem de inconsistências entre os quantitativos originais manuais comparados com aqueles extraídos automaticamente é considerável. Estes resultados sugerem que a extração automática precisa dos quantitativos é uma questão extremamente significativa para a economia dos cofres públicos.

A partir dos resultados encontrados, podemos perceber que as novas ferramentas digitais não apenas facilitam as tarefas mais exaustivas, mas funcionam de maneira a eliminar os erros manuais comuns de extração de quantitativos.

A extração automática dos quantitativos por meio dos sistemas BIM permite obter exatidão dos materiais e serviços que são necessários para a execução da obra. Portanto, tendo em vistas estes recursos computacionais disponíveis, não há razão para a administração pública dispender mais, desnecessariamente.

8. REFERENCIAS

BRASIL, S. F. Relatório Final: o retrato do desperdício no Brasil. Comissão Temporária das Obras Inacabadas. Brasília, p. 435. 1995.

BRIDGES, A. The Challenge of Constraints: A Discussion of Computer Applications in Architectural Design. Laboratório de Projeto de Arquitetura e Fabricação Digital - FAU/UnB, Glasgow, 1993. Disponível em: <<http://lecomp.fau.unb.br/moodle/mod/resource/view.php?id=541>>. Acesso em: 23 Setembro 2009.

DAMRONG, C.; HADIKUSUMO, B. Integrated 4D CAD and construction safety planning information for a better safety management. CAADRIA, 2003. p. 16-32.

EASTMAN, C. et al. BIM Handbook: A guide to Building Information. Indianápolis: Wiley Publishing, 2008. p. 10 - 187.

EASTMAN, C.; KUTAY, A. Transaction management in design databases. MIT-JSME Workshop, 1989. p. 334-351.

FISCHER, K. M. A. M. Visualization of Construction Planning Information. Automation in Construction, v. 07, n. 06, 1998. p. 54-66.

FLORIO, W. Tecnologia da Informacao na Construcao Civil: Contribuicoes do Building Information Modeling no Processo de Projeto em Arquitetura. III Fórum de Pesquisa FAU.MACKENZIE, 2007. p.15.

GROSS, M.; MARK, E.; GOLDSCHMIDT, G. A Perspective on Computer Aided Design After Four Decades. eCAADe 26, Bélgica, Setembro 2009. p. 169 - 176,.

KALISPERIS, L. N. CAD in Education: Penn State University. ACADIA Quartely, , 1996. p. 22-25

KOLAREVIC, B. Architecture in Digital Age: Design and Manufacturing. Nova York: Taylor & Francis, 2003.

SANTOS, E. T. . Entrevista: Tecnologia orçamentária. Guia da Construção, São Paulo, 01 maio 2009. Disponível em: <http://revista.construcaomercado.com.br/guia/habitacao-financiamento-imobiliario/94/entrevista-133084-1.asp>. Acesso em: 12 mai. 2011.

SUERMANN, P. C. EVALUATING THE IMPACT OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) ON CONSTRUCTION. FLÓRIDA: UNIVERSITY OF FLÓRIDA, 2009.

TAKASH, A. 3-D technology transforms design process.” U.S. Army Engineering. <http://www.hq.usace.army.mil/cemp/milcontrans/bim.htm> , JULHO 2007.

Capítulo 37



10.37423/210504173

FABRICAÇÃO DE CORPOS DE PROVA ARGILOSOS UTILIZANDO ARGILAS E ADITIVOS ORGÂNICOS

GERBESON CARLOS BATISTA DANTAS

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

SILEIDE DE OLIVEIRA RAMOS

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

PATRÍCIA MENDONÇA PIMENTEL

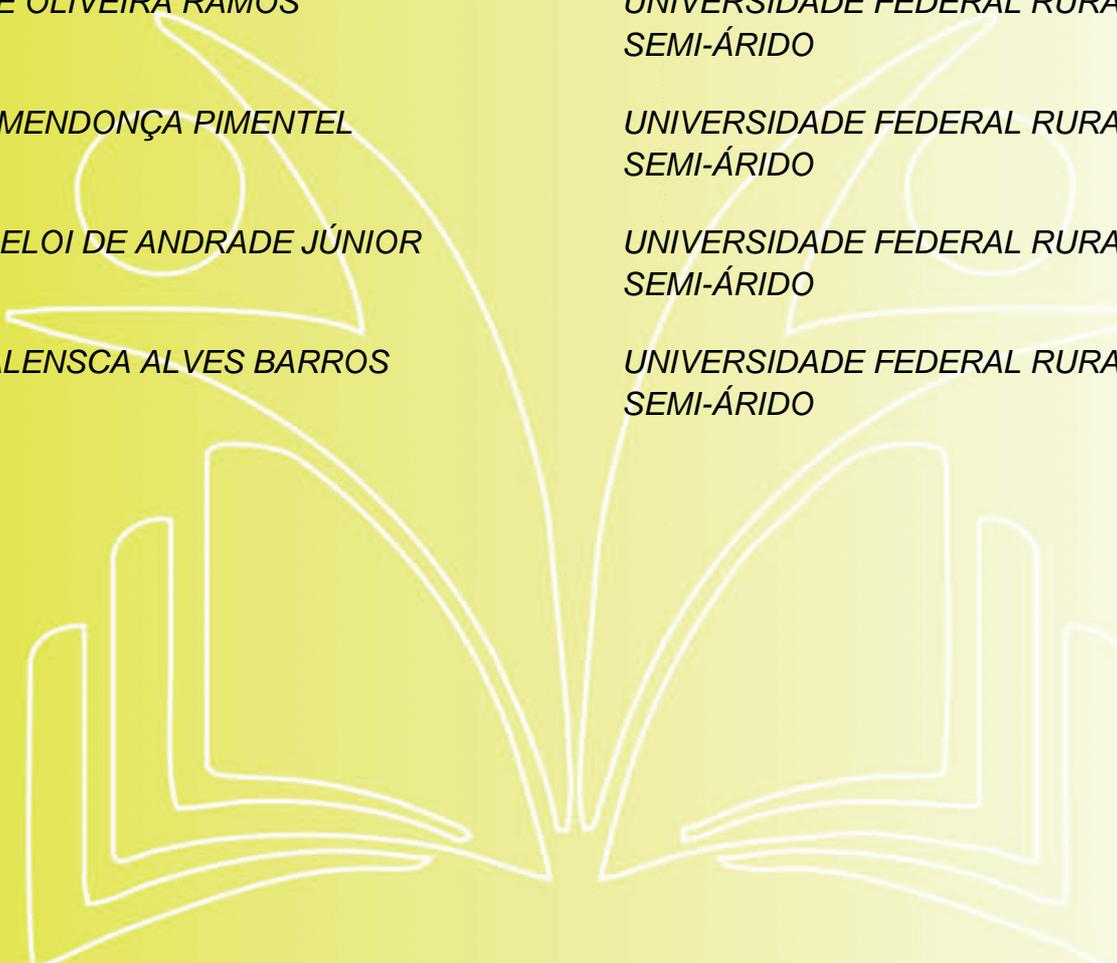
*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

TARCISIO ELOI DE ANDRADE JÚNIOR

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

SÂMEA VALENSCA ALVES BARROS

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*



Resumo: Este trabalho objetiva caracterizar química, física, térmica, mineralógica e tecnologicamente argila proveniente de novo jazimento localizado no município de Parelhas/RN. Para isso, a argila coletada foi beneficiada por destorroamento, secagem, moagem e peneiramento em malha 200 mesh. Em seguida, a argila foi caracterizada por fluorescência e raios-x, difração de raios-x, análise termogravimétrica e diferencial, análise granulométrica, perda ao fogo e plasticidade. Então, foram preparadas misturas de consistência argila/aditivos (gelatina e amido de milho), conformados cinco corpos de prova em dimensões (21,5x43) mm, liofilizados, calcinados nas temperaturas pré-estabelecidas e determinados às propriedades de porosidade e resistência a compressão simples. Os difratogramas de raios-x revelaram a presença predominante de caulinita, quartzo e feldspato na amostra. A curva termogravimétrica e diferencial resultou na perda de massa de 14%. A argila apresentou comportamento altamente plástico, sendo classificada como caulinita. Os resultados de resistência a compressão simples variaram entre 1,12 a 1,94 MPa para as amostras, sendo maiores para os corpos de prova preparados com gelatina. Portanto, conclui-se que esta argila apresenta viabilidade para ser utilizada na confecção de blocos de vedação VED 15, conforme NBR 15270-1.

Palavras-Chave: Cerâmicas Porosas, caracterização tecnológica de argilas, Indústria cerâmica, gelatina, amido de milho.

INTRODUÇÃO

Os materiais de cerâmica vermelha possuem um amplo campo de aplicação, sobretudo, na construção civil, como blocos de vedação e estruturais, telhas, tijolos, manilhas, agregado para concreto leve dentre outras inúmeras aplicações (Reddy et al., 2013; Acevedo et al., 2017). Em razão disso, a indústria cerâmica voltada ao processamento de artefatos da construção civil tem crescido exponencialmente ano após ano, ao mesmo tempo em que tem demandado equivalente em argilas, principal matéria-prima envolvida na produção destes artefatos.

Não obstante, o Brasil é grande produtor de argilas, dispondo de milhares de jazimentos e empresas especializadas por todo território nacional, consumindo milhões de toneladas de argila todos os anos (Ramos et al., 2010). Entretanto, há dois problemas inseridos nesse setor industrial: a maioria das argilas não é devidamente caracterizada, dificultando seu pleno aproveitamento industrial, como também, o estímulo do setor tem provocado acelerada exaustão das jazidas de argilas.

Não diferentemente, o município de Parelhas tem sofrido tais conseqüências. Apesar disso, novos jazimentos têm sido encontrados, no entanto, ainda são escassos os trabalhos de caracterização, processamento e estudos de aplicabilidade dessas argilas na indústria local.

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo caracterizar química, física, térmica, mineralógica e tecnologicamente argila proveniente de novo jazimento localizado no município de Parelhas/RN, classificando e avaliando a argila para aplicação como blocos de alvenaria de vedação, conforme NBR 15270-1 (ABNT, 2017a).

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste trabalho, foi utilizada uma amostra de argilas extraídas de um novo jazimento situado no município de Parelhas, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil, aqui identificada como argila A. Inicialmente, a amostra coletada foi beneficiada por meio da realização do destorroamento, secagem em estufa a 60 °C, moagem em moinho martelo e peneiramento manual em peneira de malha 30 mesh (0,6 mm) e 80 mesh (0,18mm), respectivamente. Em seguida, a amostra passou por moagem em moinho galga, seguido de peneiramento em peneira vibratória em malha 200 mesh (0,074mm) e, posteriormente, foi realizada a caracterização química, mineralógica, térmica e granulométrica. Então, foi preparada misturas de consistência com a argila A e aditivos (água, gelatina e amido), conforme descrito na Tabela 1. Em seguida, foram moldados corpos de prova em dimensões (21,5x 43,0) mm, secados por congelamento e calcinados a 100 °C, 300 °C, 400 °C e 1100 °C por 2h,

2h, 2h e 1h respectivamente e, posteriormente, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de compressão simples.

Tabela 1. Descrição dos corpos de prova

Amostra	Argila A (g)	Água (ml)	Gelatina (g)	Amido de milho (g)
A1	113	65	-	-
A2	113	65	-	8
A3	113	65	-	15
A4	113	65	8	-
A5	113	65	15	-

A caracterização das amostras das argilas foi efetuada por meio das seguintes técnicas: difração de raio-x, por meio do difratômetro de raios X da Shimadzu, modelo XRD-6000, com radiação $K\alpha$ de Cu (40kV/30mA), velocidade do goniômetro de 2 °C/min, passo de 0,02° e varredura angular de 2θ entre 5 a 60°; análise termogravimétrica e diferencial, obtidas em uma termobalança, marca TA Instruments, modelo SDT 2960; espectroscopia de fluorescência de raios-x, pelo espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva (EDX), da marca Shimadzu, modelo EDX-700; análise granulométrica por intermédio de um granulômetro CILAS modelo 1064 LD; pelos limites de Attemberg (ABNT, 1984a; ABNT, 1984b) e perda ao fogo a 1000 °C. Os corpos de prova foram secados em Liofilizador (L108 da marca LIOTOP) e os valores de resistência a compressão simples foram obtidos pelo equipamento Universal, marca Shimadzu AG-IS 100 KN. A velocidade de carga foi de $0,05 \pm 0,01$ MPa/s de acordo com a NBR 15270 (ABNT, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

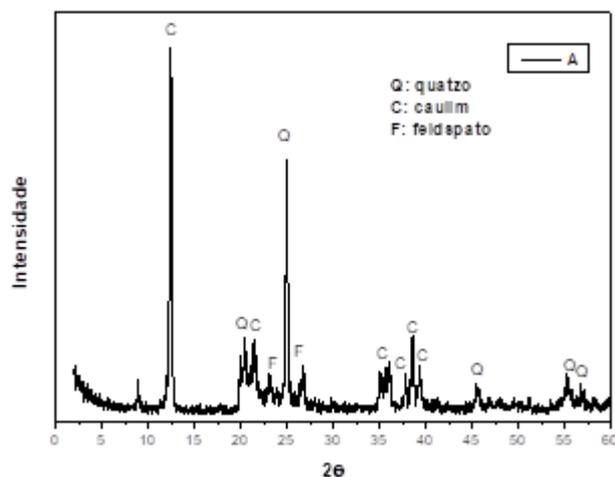
A composição química da amostra de argila A está apresentada na Tabela 2. Com base nos resultados, observa-se que as argilas são compostas, principalmente, por sílica (45,13%) e alumina (39,19%). Esses resultados foram similares aos identificados por (Oikonomopoulos et al., 2015; Acevedo et al., 2017). A relação SiO_2/Al_2O_3 foi de aproximadamente 1:1. Esta relação é frequentemente associada ao empilhamento das camadas octaédricas e tetraédricas, as distâncias interplanares e as transições isomórficas possíveis, sendo um importante instrumento de classificação de argilas (Santos, 2010). Assim sendo, a relação de 1:1 apresentada pela argila A é característico das argilas do grupo da caulinita, composta por uma camada tetraédrica dos silicatos e uma camada octaédrica dos aluminatos (Santos, 2010). Os demais óxidos presentes apresentaram teores inferiores a 1%, comportando-se como fundentes quando submetidos a tratamento térmico (Celik, 2010).

Tabela 2. Composição química da amostra de argila A

Amostras (%)	PF	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	K ₂ O		Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	TiO ₂	Outros óxidos
A	13,27	45,13	39,19	0,94	0,87		0,46	-	-	-	0,14

O difratograma de raios-x da amostra de argila está ilustrado na Figura 1. O difratograma revelou a presença das reflexões características dos argilominerais caulinita (JCPDS: 78-2110), quartzo (JCPDS: 46-1045) e feldspato (JCPDS: 89-8575). Esses resultados corroboram com a fluorescência de raios-x. A reflexão principal da amostra ocorreu entre 10° < 2θ < 15° referente à caulinita (Al₂Si₂O₅(OH)₄), justificando os teores elevados de sílica e alumina, bem como a relação SiO₂/Al₂O₃ de aproximadamente 1:1. Além disso, os argilominerais quartzo e o feldspato presentes na amostra elevaram os teores alumina e sílica. A presença do óxido de magnésio, ferro e potássio são oriundas das transições isomórficas ocorridas entre as folhas tetraédricas e octaédricas da caulinita (Santos, 2010).

Figura 1. Difratograma de raios-x da argila A



A Tabela 3 evidencia os valores dos limites de Atterberg e os diâmetros principais fornecidos pela análise granulométrica. De acordo com os resultados, as argilas apresentaram teor de Limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP) e Índice de Plasticidade (IP) elevado, resultando em uma argila de comportamento altamente plástico, conforme classificação de Casagrande. Esse comportamento pode ser explicado pela elevada quantidade de matéria orgânica presente na amostra, com também, pelo elevado teor de finos observados nos diâmetros principais da argila. Argilas com comportamento altamente plástico e com elevado teor de finos apresentam viabilidade para ser utilizadas na indústria cerâmica, devido estas apresentarem plasticidade suficiente para ser conformadas, sem que haja

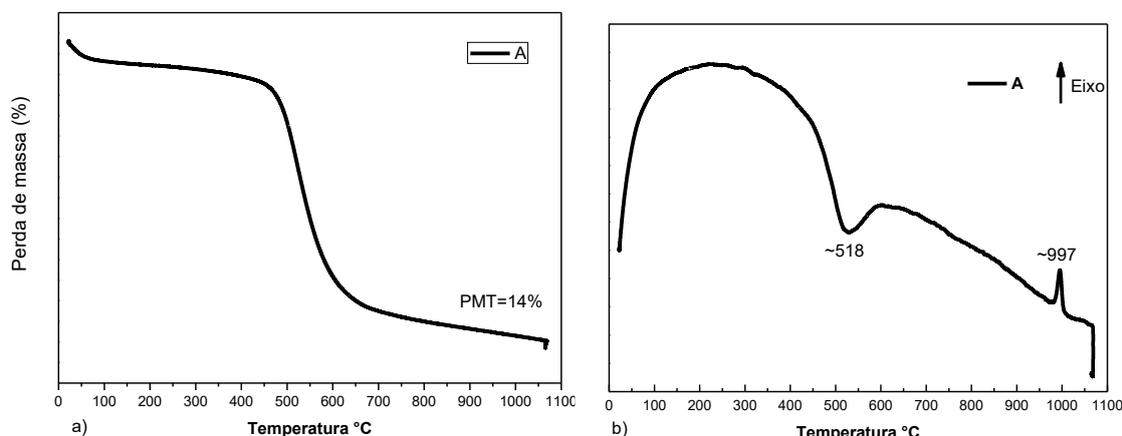
necessidade de aditivos plastificantes, traduzindo em economia e resistência mecânica adequada após a queima (Mahmoudi et al., 2008; Cargnin et al., 2011).

Tabela 3. Limites de Atterberg e diâmetros principais da argila A

Amostra	LL (%)	LP (%)	IP (%)	D10 (µm)	D50(µm)	D90(µm)	Dmédio(µm)
A	45,72	28,17	17,55	0,66	3,16	15,69	12,40

As curvas termogravimétricas e diferenciais da amostra são apresentadas na Figura 2. A perda de massa total é de 14%, ocorrendo somente em temperaturas elevadas, entre 400 °C e 600 °C. Esse comportamento é esperado para argilas cauliníticas. Nessas temperaturas, inicia-se a desidroxilação da caulinita, que consiste na remoção da água combinada, seguida da decomposição em metacaulinita (Brito, 2015), ratificado pelo pico endotérmico em 518 °C fornecido pela curva DTA. Em acréscimo, observa-se um pico exotérmico em 997°C na curva DTA da amostra A referente à formação inicial da mulita (Ramos et al., 2010).

Figura 2. Curvas termogravimétricas e diferenciais da amostra A

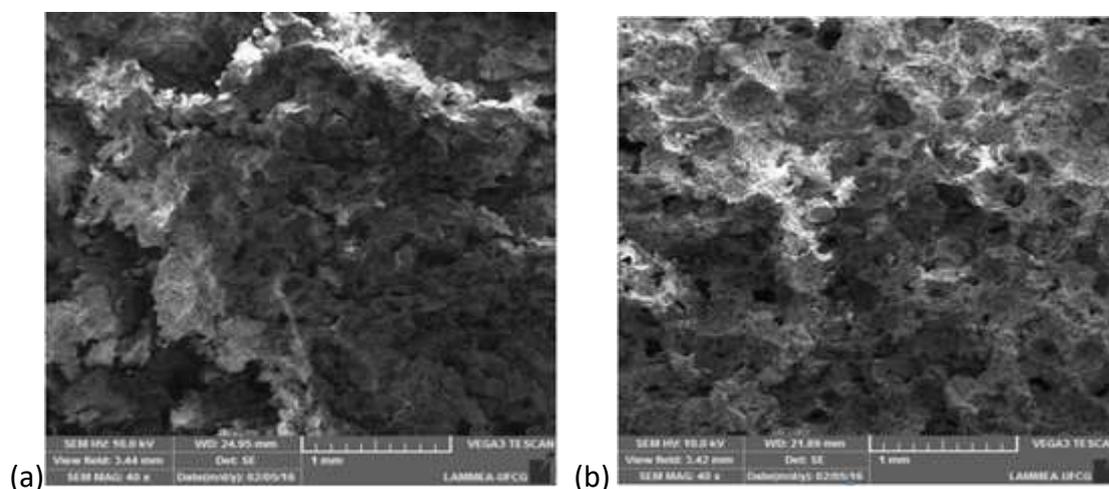


A partir dos resultados obtidos, a amostra A pode ser classificada como uma argila do tipo caulinita em razão da sua composição apresentar relação SiO_2/Al_2O_3 de aproximadamente 1:1. Além disso, a amostra apresentou reflexão principal entre $10^\circ < 2\theta < 15^\circ$, perda de massa superior a 400 °C, resultados que são característicos deste tipo de argila (Ramos et al., 2010; Santos, 2010; Brito, 2015).

A Figura 3 mostra as micrografias MEV dos corpos de prova A1 e A5. Observa-se que a amostra com gelatina (Figura b) apresentou estrutura dos poros com distribuição mais homogênea das partículas e da porosidade quando comparada com a amostra sem aditivos (A1). A regularização e homogeneização dos poros era um comportamento requerido e é resultante da evolução dos gases

da queima da matéria orgânica dos aminoácidos da gelatina. Os aglomerados de partículas (<25µm) foram menores para amostra A5.

Figura 3. Micrografias das amostras a) A1 e b)A5



Os resultados dos ensaios físico-mecânicos estão exibidos na Tabela 4. Com base nos resultados, os corpos de prova apresentaram resistências mecânicas superiores a 1MPa. Isso ocorre devido à formação da mulita, que é um argilomineral que confere resistência mecânica aos produtos cerâmicos (Medeiros et al., 2016). Outro fator observado, é que os corpos de prova preparados com maiores teores de aditivos apresentaram os melhores comportamentos mecânicos, sendo maior para o corpo de prova A5. Conforme a classificação da NBR 15270-1, os corpos de prova preparados com aditivos atingiram a resistência a compressão para blocos de vedação VED 15 (>1,5MPa). A elevada porosidade pode conferir aos corpos de prova desempenho térmico e acústico, sem que haja prejuízo a resistência, atendendo as novas exigências normativas de desempenho das edificações, consoante ao estabelecido a NBR 15575.

Tabela 4. Comportamento mecânico dos corpos de prova

Amostra	Porosidade (%)	Resistência a compressão simples (MPa)
A1	58,50	1,12 ± 0,19
A2	63,35	1,51 ± 0,07
A3	63,65	1,73 ± 0,28
A4	56,89	1,53 ± 0,06
A5	52,38	1,94 ± 0,33

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos por esta pesquisa, evidencia-se que a amostra de argila A é composta pelo argilomineral caulinita, quartzo e feldspato. A classificação física revelou amostra com

comportamento altamente plástica e com teor de finos adequado. A incorporação de aditivos mostrou-se vantajoso, conferindo aos corpos de prova aumento da resistência mecânica, sendo maior para as amostras com maior teor de aditivos e aumento da porosidade, conferindo aos corpos de prova melhor desempenho térmico e acústico, ao mesmo tempo em que a resistência atingiu valores mínimos superiores ao estabelecido pela NBR 15270-1 ($>1,5\text{MPa}$).

REFERÊNCIAS

Acevedo, N.I.A.; Rocha, M.C.G.; Bertolino, L.C. Mineralogical characterization of natural clays from Brazilian Southeast region for industrial applications. *Cerâmica*, v.63, n.366, p.253-262, 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15270: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria- Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017a.

_____. NBR 15270: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria- Parte 2: Métodos de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2017b.

_____. NBR 6459: Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro:ABNT, 1984a.

_____. NBR 7180: Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1984b.

Brito P.; Almeida, E. P.; Neves, G.A.; Menezes, R.R.; Silva, V. J.; Santana, L.N.L. Avaliação de novos depósitos de argilas do Estado da Paraíba visando sua aplicação como matérias-primas cerâmicas. *Cerâmica*, v.61, n.360, pp.391-398, 2015.

Cargnin, M.; Souza, S.M.A.G.; Souza, A.A.U.; Noni, A.J. Determinação de parâmetros cinéticos da sinterização de revestimentos cerâmicos de monoqueima do tipo BIIa. *Cerâmica*, v.57, n.344, p.461-466, 2011.

Celik, H. Technological characterization and industrial application of two Turkish clays for the ceramic industry. *Applid Clay Science*, v.50, p.245-254, 2010.

Mahmoudi, S.; Srasra, E.; Zargouni, F. The use of Tunisian Barremian clay in the traditional ceramic industry: optimization of ceramic properties. *Applid Clay Science*, v. 42, p.125-129, 2008.

Medeiros, S.G.; Dutra, R.P.S.; Grilo, J.P.F.; Martinelli, A.E.; Paskocimas, C.A.; Macedo, D.A. Preparação de compósitos alumina-mulita de baixo custo via sinterização reativa entre uma argila caulínica da Paraíba e hidróxido de alumínio. *Cerâmica*, v.62, n.363, p.266-271, 2016.

Oikonomopoulos, I.K.; Perraki, M.; Tougiannidis, N.; Perraki, T.; Kasper, H.U.; Gurk, M. Clays from Neogene Achlada lignite deposits in Florina basin (Western Macedonia, N. Greece): A prospective resource for the ceramics industry. *Applid Clay Science*, v.103, p.1-9, 2015

Ramos, S. O.; Macedo, R. S.; Cartaxo, J. M.; Menezes, R. R.; Navarro, L. N. L.; Neves, G. A. Caracterização de argilas usadas para cerâmica estrutural. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v.5, n.3, p.65-70, 2010.

Reddy, D.; Lee, S.M.; Kim, J.O. A Review on emerging application of natural sericite and its composites. *World Applied Sciences Journal*, v. 27, n.11, p.1514, 2013.

Santos, P.S., *Ciência e tecnologia de argilas*. 2ed. Edgar Blücher, S. Paulo, SP, v.1, 1992. 397p.

Capítulo 38



10.37423/210504186

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO TRAÇADOR CO₂ EM UM REATOR TRIFÁSICO DE LEITO MICRO- EMPACOTADO: UM ESTUDO EXPERIMENTAL

Jornandes Dias Silva

Universidade de Pernambuco - UPE



Resumo: Este estudo relata a distribuição de tempo de residência (DTR) usando CO₂ como traçador no reator TLM-E. Medidas experimentais foram obtidas na entrada e na saída do reator TLM-E utilizando a injeção de pequena quantidade (3%) do traçador CO₂ dentro da corrente de gás de arraste. O modelo dinâmico caracteriza um processo de difusão-adsorção do traçador CO₂ em termos de fenômenos de transferência de massa (externos e internos). O modelo matemático foi validado com base em um conjunto de dados experimentais em que os resultados simulados do traçador CO₂ ajustaram-se adequadamente às medidas experimentais na saída do leito micro-empacotado.

INTRODUÇÃO

Os reatores trifásicos de leito micro-empacotado (TLM-E) são dispositivos importantes e valiosos para a intensificação de processos, onde muitas aplicações são realizadas com dois ou mais fluidos imiscíveis. Quando comparados com reatores convencionais, os reatores TLM-E apresentam diversas vantagens, como alta relação superfície/volume e excelentes desempenhos de transferência massa e calor. A literatura tem investigado alguns trabalhos sobre processos catalíticos heterogêneos em reatores TLM-Es para sistemas de duas fases e/ou trifásicos (Yue, 2018; Moulijn et al. 2016). Estes estudos relataram resultados de processos para sistemas de líquido-sólido e/ou gás-líquido-sólido usando modelos simples, mas os autores não forneceram orientação quando os reatores TLM-Es foram usados para um modelo matemático completo (equação para a fase gasosa, fase líquida e fase sólida). Nós preenchemos este gap com os conceitos indicados por estes autores e estendemos uma aplicação para a DTR usando CO₂ como traçador.

A análise da DTR no reator TLM-E fornece informações essenciais sobre seu desempenho geral (Silva, 2011). Além disso, o DTR representa uma ferramenta útil no projeto do reator TLM-E, especialmente, quando acontecem desvios de padrões de fluxo ideais (Panariello et al. 2018). A resposta do DTR é dada pela injeção de uma quantidade bem definida do traçador na entrada do reator TLM-E no tempo $t = 0$ e, por sua vez, registrando a resposta da concentração do traçador em uma posição central da saída do leito micro-empacotado.

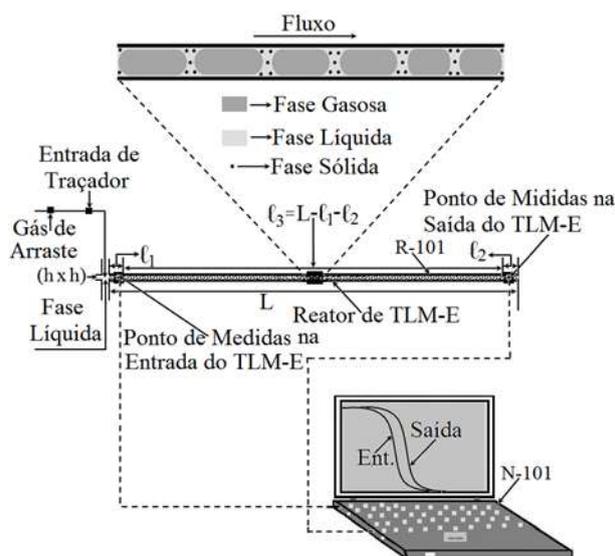
Nesta pesquisa, medidas simuladas são realizadas para estudar a DTR do traçador CO₂ no reator TLM-E. Um modelo matemático tem sido desenvolvido para comparar os resultados experimentais da DTR com os resultados simulados do modelo matemático na saída do reator TLM-E. O modelo matemático é validado minimizando as diferenças entre as medições experimentais e simuladas da DTR do traçador CO₂, utilizando como critério a minimização da função objetivo.

CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A caracterização hidrodinâmica do padrão de fluxo através da configuração do leito micro-empacotado no reator TLM-E é realizada através do traçado CO₂ da fase gasosa principal. Um diagrama esquemático (DE) é mostrado para simular os experimentos de DTR usando a metodologia de estímulo-resposta. Este SD é mostrado na Figura 1. O protocolo de simulação consiste na injeção do traçador CO₂ na fase gasosa principal. A injeção não pode perturbar o fluxo nem modificar as propriedades físico-químicas da fase gasosa principal. A partir da injeção do traçador CO₂, as

mudanças de concentração são simuladas na entrada e saída do reator TLM-E de acordo com a Figura 1. A configuração esquemática da Figura 1 é constituída por um reator TLM-E (R-101) e notebook Dell (N-101, i155548-20, 1600MHz (8GB), 1TB 5400 rpm), respectivamente. O coração da Figura 1 consiste em um reator TLM-E de aço inoxidável com diâmetro interno de 0,5 mm, diâmetro externo de 0,9 mm e comprimento do leito de 0,6 m.

Figura 1: Diagrama esquemático para a medição experimental



MODELO MATEMÁTICO

As equações que governam o modelo matemático desenvolvido são descritas por balanços de massa limitados à região das fronteiras do reator TLM-E. Neste trabalho, as equações de balanço de massa são desenvolvidas com base no traçador CO_2 nas fases gasosa, líquida e sólida. O modelo matemático desenvolvido para o traçador CO_2 nas fases está restrito às seguintes simplificações: (i) sistema isotérmico, (ii) as fases gasosa e líquida são modeladas como fluxo sem dispersão axial, (iii) o sistema opera com molhabilidade parcial de partículas sólidas (iv) difusão intrapartículas nos poros das partículas catalíticas, (v) equilíbrio de adsorção no sistema e (vi) o sistema opera com uma pequena concentração do traçador CO_2 a fim de minimizar distúrbios nas condições operacionais do reator TLM-E. A partir das simplificações acima, as equações do modelo podem ser descritas a seguir.

BALANÇO DO CO_2 NA FASE GASOSA

A equação do balanço de massa do traçador CO_2 na fase móvel do gás no reator TLM-E é composta por três termos (ver a Equação 1). O primeiro descreve o termo transitório do traçador CO_2 , o segundo termo expressa o fluxo de massa convectivo na direção axial (z) dentro da fase gasosa e o terceiro

termo conecta a transferência de massa gás-líquido, respectivamente. Todos os termos da Equação 1 têm unidade de mol/m³seg. Assim, o balanço de massa do traçador CO₂ na fase móvel de percolação (gás) em torno das partículas sólidas dentro do reator TLM-E é descrito a seguir.

$$h_g \frac{\partial C_{CO_2,g}}{\partial t} + \frac{4q_g}{\pi d_\mu^2} \frac{\partial C_{CO_2,g}}{\partial z} = -k_{gl} a_{gl} \left(\frac{C_{CO_2,g}}{h_\mu} - C_{CO_2,l} \right) \quad (1)$$

Na Equação 1, h_g (m³ de reator /m³ de gás) é a retenção de gás, t (s.) é o tempo, $C_{CO_2,g}$ (kg/m³) é a concentração molar do traçador CO₂ na fase gasosa, q_g (m³/seg.) é a taxa de fluxo de gás na fase gasosa, d_μ (m) é o diâmetro do reator TLM-E, z (m) é a coordenada axial, respectivamente; k_{gl} (m/seg.) é o coeficiente de transferência de massa gás-líquido, a_{gl} (m²/m³) é a área de transferência de massa gás-líquido por unidade de volume da coluna, h_μ ($C_{CO_2,g}/C_{CO_2,l}$) é a constante de solubilidade da lei de Henry, $C_{CO_2,l}$ (kg/m³) é a concentração molar do traçador CO₂ na fase líquida, respectivamente.

As condições inicial e de contorno adequadas da Equação 1 são dadas como segue.

$$C_{i,g} \Big|_{t=0, l_1 \leq z \leq l_3} = 0 \quad (2)$$

$$C_{i,g} \Big|_{z=l_1, t \geq 0} = C_{i,0} \quad (3)$$

$$\frac{\partial C_{i,g}}{\partial z} \Big|_{z=l_3, t \geq 0} = 0 \quad (4)$$

BALANÇO DO CO₂ NA FASE LÍQUIDA

A equação do balanço de massa do traçador CO₂ na fase líquida móvel dentro do reator TLM-E é composta por quatro termos (ver Equação 5). O primeiro descreve o termo transitório do traçador CO₂, o segundo termo expressa o fluxo de massa convectivo em direção à direção axial (z) na fase líquida, o terceiro termo representa a transferência de massa gás-líquido, o quarto termo conecta a transferência de massa líquido-sólido, respectivamente. Todos os termos da Equação 5 têm unidade de mol/m³seg. Assim, o balanço de massa do traçador CO₂ na fase móvel líquida ao redor das partículas sólidas no interior do reator TLM-E é descrito a seguir.

$$\begin{aligned}
 h_l \frac{\partial C_{CO_2,l}}{\partial t} + \frac{4q_l}{\pi d_\mu^2} \frac{\partial C_{CO_2,l}}{\partial z} &= k_{gl} a_{gl} \\
 &\left(\frac{C_{i,g}}{h_\mu} - C_{CO_2,l} \right) - f_e k_{ls} a_p \\
 &\left(C_{CO_2,l} - C_{CO_2,p} \Big|_{r=R, t \geq 0} \right)
 \end{aligned} \quad (5)$$

Na Equação 5, h_e (m^3 de gás dissolvido na fase líquida/reator de m^3) é a retenção de gás dissolvido na fase líquida, q_e (m^3/s) É a taxa de fluxo de gás na fase líquida, respectivamente; f_e (-) é o fator de molhabilidade, k_{es} ($m/eg.$) é o coeficiente de transferência de massa líquido- sólido, a_p (m^2/m^3) é a área de transferência de massa líquido-sólido por unidade de volume da coluna, $C_{CO_2,p}$ (mol/m^3) é a concentração molar do traçador CO_2 na fase sólida, respectivamente.

As condições inicial e de contorno adequadas da Equação 5 são dados como se segue.

$$C_{i,1} \Big|_{t=0, 1 \leq z \leq 1_3} = 0 \quad (6)$$

$$C_{i,1} \Big|_{z=1_1, t \geq 0} = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial C_{i,1}}{\partial z} \Big|_{z=1_3, t \geq 0} = 0 \quad (8)$$

BALANÇO DO CO_2 NA FASE SÓLIDA

Conceitualmente, o traçador CO_2 é injetado na fase gasosa, dissolvido na fase líquida e transferido para a fase sólida através do filme líquido e depois se difunde nos poros ao longo do raio da partícula. O balanço de massa do traçador CO_2 no interior das partículas sólidas é dado por três termos (ver Equação 9). O primeiro termo relata o termo transitório do traçador CO_2 nos poros das partículas sólidas, o segundo termo descreve a difusão intrapartículas do traçador CO_2 no interior dos poros das partículas sólidas, o terceiro termo expressa a adsorção de equilíbrio do traçador CO_2 na superfície das partículas sólidas, respectivamente. Todos os termos da Equação 9 têm unidade de $mol/m^3seg.$ Assim, o balanço de massa do traçador CO_2 nas partículas sólidas é dado como segue.

$$\begin{aligned}
 h_s \frac{\partial C_{CO_2,p}}{\partial t} &= \frac{D_{eff,CO_2}}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial C_{CO_2,p}}{\partial r} \right) \\
 &- \rho_p \left(k_{CO_2} C_{CO_2,p} + \frac{k_{CO_2}}{K_{CO_2}} C_{CO_2,ad} \right)
 \end{aligned} \quad (9)$$

Na Equação 9, h_s (m^3 de gás dissolvido na fase sólida/ m^3 de reator) é a retenção de gás dissolvido na fase sólida, D_{eff,CO_2} ($m^2/seg.$) É o coeficiente de difusividade nos poros das partículas sólidas, r (m) é a coordenada radial das partículas sólidas, ρ_p (mol/m^3) é a densidade das partículas sólidas, respectivamente; k_i ($m^3/mol\ seg.$) é a constante da taxa de adsorção, K_i (m^3/kg) é a constante de equilíbrio da adsorção, $C_{CO_2,ad.}$ (mol/kg) é a concentração do traçador CO_2 na superfície das partículas sólidas, respectivamente.

As condições inicial e de contorno adequadas da Equação 9 são dados como se segue.

$$C_{CO_2,p} \Big|_{t=0, 0 \leq r \leq R} = 0 \quad (10)$$

$$\frac{\partial C_{CO_2,p}}{\partial r} \Big|_{r=R, t \geq 0} = \frac{k_{l,s}}{D_{eff,CO_2}} \left(C_{CO_2,l} - C_{CO_2,p} \Big|_{r=R, t \geq 0} \right) \quad (11)$$

$$\frac{\partial C_{CO_2,p}}{\partial r} \Big|_{r=0, t \geq 0} = 0 \quad (12)$$

BALANÇO DO CO_2 NA SUPERFÍCIE DA FASE SÓLIDA

Uma equação de balanço de massa foi proposta para descrever a taxa de adsorção de equilíbrio do traçador CO_2 na superfície da fase sólida. Todos os termos da Equação 13 têm unidade de $mol/kg\ seg.$ O balanço de massa do traçador CO_2 na superfície das partículas é relatado pela Equação 13 da seguinte maneira.

$$\frac{\partial C_{CO_2,ad}}{\partial t} = \left(k_{CO_2} C_{CO_2,p} - \frac{k_{CO_2}}{K_{CO_2}} + k_r \right) C_{CO_2,ad} \quad (13)$$

A condição inicial adequada da Equação 13 é dada como segue.

$$C_{CO_2,ad.} \Big|_{t=0, r=R} = 0 \quad (14)$$

SOLUÇÃO NUMÉRICA DO MODELO MATEMÁTICO

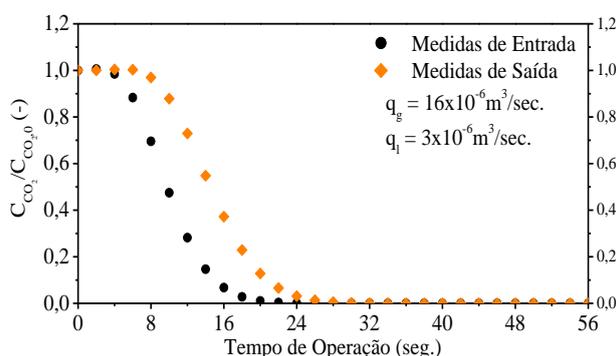
As equações 1 a 14 formam um conjunto de equações diferenciais parciais (EDPs), juntamente com suas condições inicial e de contorno prescritas. Essas equações foram discretizadas usando o método do volume finito (FVM) para fornecer um conjunto de equações algébricas, que foram resolvidas aplicando o método sobre-relaxação sucessivo (SRS). Como visto na Equação 15 abaixo, o critério de convergência para os resultados do ajuste é obtido usando a seguinte equação abaixo.

$$F_{ob} = \frac{1}{n_p - 1} \sum_{j=1}^{n_p} \left(\left(\frac{C_{CO_2,g}}{C_{CO_2,g,0}} \right)_j^{Cal} - \left(\frac{C_{CO_2,g}}{C_{CO_2,g,0}} \right)_j^{Exp.} \right)^2 \quad (15)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados experimentais foram medidos na entrada ($\pm 1 = 0,05$) e na saída ($\pm 3 = 0,95$) do leito micro-empacotado. Como exemplos, a Fig. 2 mostra as curvas experimentais da DTR do CO₂ obtidas experimentalmente para diferentes taxas de fluxo (gás ($16 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$) e líquido ($3 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$)) em termos de $C_{CO_2,g}/C_{CO_2,g,0}$ versus tempo. Na Figura 2, mostramos os resultados correspondentes da injeção de pequena quantidade (3%) do traçador CO₂ dentro da corrente do gás de arraste. A temperatura de operação e a pressão de operação foram mantidas constantes a 300 K nestas experiências. A partir da injeção do traçador de CO₂, as medições experimentais são obtidas na entrada e na saída do reator TLM-E em função do tempo de operação.

Figura 2: Medições da concentração do traçador de CO₂ na entrada e na saída do reator TLM-E.



PARÂMETROS DO MODELO PARA AS SIMULAÇÕES

Nesta Seção, as equações do modelo acopladas são descritas para o traçador CO₂ no reator TLM-E. Nestas equações, há um conjunto de parâmetros que pode ser usado para prever as curvas de DTR simuladas. Os valores dos parâmetros de entrada necessários para alimentar o algoritmo computacional, desenvolvido neste trabalho, são relatados na Tabela 1. Todos esses parâmetros (Tabela 1) são mantidos na mesma condição operacional deste trabalho.

Tabela 1: Parâmetros Iniciais usados para alimentar o código computacional.

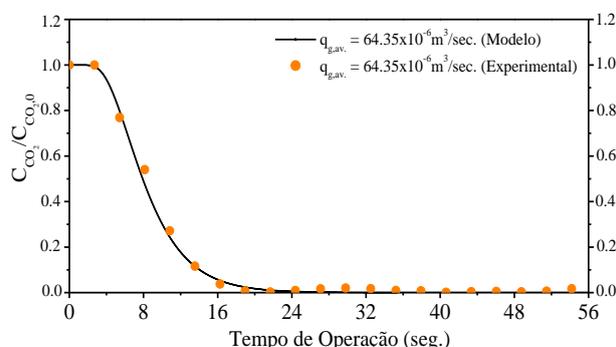
Parâmetros	Valores	Referências
q_g (m ³ /seg.)	64,35x10 ⁻⁶ - 44,35x10 ⁻⁶	Estimado
q_l (m ³ /sec.)	3,00x10 ⁻⁶	Estimado
T (K)	300	Estimado
P _{op} (kPa)	101	Estimado
h_g (-)	0,19	Estimado
h_l (-)	0,75	Moulijn et al., (2016)
d_μ (m)	1.8x10 ⁻³	Estimado
k_{gl} (m ³ leito/m ² seg.)	2x10 ⁻⁴	Moulijn et al., (2016)
h_l (-)	0,75	Moulijn et al., (2016)
d_μ (m)	1.8x10 ⁻³	Estimado
k_{gl} (m/seg.)	2x10 ⁻⁴	Moulijn et al., (2016)
a_{gl} (m ⁻¹)	185	Moulijn et al., (2016)
h_μ (-)	8.3x10 ⁻¹	Estimado
ε_p (-)	0.59	Silva et al., (2019)
D _{eff, CO2} (m ² /seg.)	1.87x10 ⁻⁷	Silva et al., (2019)
$f_{e,av.}$ (-)	0.37	Silva, (2011)
$k_{ls, av.}$ (m/seg.)	4.63x10 ⁻⁶	Silva, (2011)
ρ_p (kg/m ³)	2.56x10 ³	Silva, (2011)
a_{ts} (m ⁻¹)	297	Silva, (2011)
L _z (mm)	16	Estimado
k_{CO2} (m ³ /kg seg.)	0.47	Estimado
K _{CO2} (kg/ m ³)	2.35x10 ³	Cruz e Silva, (2017)
k_r (seg. ⁻¹)	0.01	Estimado

AJUSTE DAS CURVAS NA SAÍDA

A Figura 3 apresenta uma análise comparativa entre as medidas experimentais e simuladas da concentração do traçador de CO₂ na saída do reator TLM-E em função do tempo de operação. Como visto na Figura 3, os resultados simulados estão de acordo com os resultados experimentais obtidos na Figura 1 com uma função objetiva de $F_{ob.} = 1,25 \times 10^{-4}$. Está claro nesta figura que à medida que a

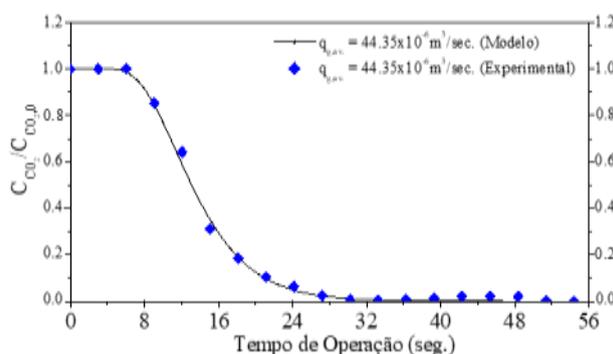
vazão aumenta, o tempo de permanência diminui. Assim, as curvas diminuem em um tempo de operação mais rápido de mais ou menos de 3,8 segundos.

Figura 3: Comparação entre as medições experimentais e simuladas da concentração do traçador de CO₂ na saída do reator TLM-E para $q_{g,av.} = 64,35 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{seg.}$ e $q_{l,av.} = 3,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{seg.}$



A Figura 4 mostra uma análise comparativa entre as medidas experimentais e simuladas da concentração do traçador de CO₂ na saída do reator TLM-E em função do tempo de operação. Na Figura 4, as curvas simuladas estão em bom ajuste com as curvas experimentais obtidas na Figura 1 com uma função objetiva de $F_{ob.} = 1,37 \times 10^{-4}$. É evidente a partir desta figura que para uma vazão menor, o tempo de permanência aumenta. No entanto, as curvas diminuem em um tempo de operação mais lento, de mais ou menos de 6,3 segundos.

Figura 4: Comparação entre as medições experimentais e simuladas da concentração do traçador de CO₂ na saída do reator TLM-E para $q_{g,av.} = 44,35 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{seg.}$ e $q_{l,av.} = 3,0 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{seg.}$



CONCLUSÕES

Uma modelagem dinâmica acoplada à isoterma de adsorção que descreve a DTR do traçador CO₂ no reator TLM-E foi investigada experimentalmente e numericamente. Um código computacional para simular e validar o desempenho dinâmico do modelo matemático desenvolvido para o traçador CO₂ no reator TLM-E permitiu as seguintes conclusões:

1. As curvas de DTR do traçador CO₂ foram obtidas experimentalmente na entrada e saída do reator TLM-E;
2. As medidas experimentais do traçador CO₂ nas duas vazões diferentes estão de acordo com os resultados simulados do modelo matemático desenvolvido;
3. O tempo de permanência do traçador CO₂ aumenta à medida que a vazão diminui.

AGRADECIMENTO

Os autores deste trabalho gostariam de agradecer ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro concedido (Processo 48354/2012).

REFERÊNCIAS

CRUZ B. M. AND SILVA, J. D. (2017), "A two-dimensional mathematical model for the catalytic steam reforming of methane in both conventional fixed-bed and fixed-bed membrane reactors for the Production of hydrogen". *Int J Hydrogen Energy*, Vol. 42, p. 23670-23690.

MOULIJN J. A., MAKKEE M., BERGER, R. J. (2016), "Catalyst testing in multiphase micro-packed-bed reactors; criterion for radial mass transport". *Catal. Today*, Vol. 259, p. 354-359.

PANARIELLO L., MAZZEI L., A. GAVRIILIDIS, A. (2018), "Modelling the synthesis of nanoparticles in continuous microreactors: The role of diffusion and residence time distribution on nanoparticle characteristics". *Chem. Eng. Jour*, Vol. 350, p. 1144-1154.

SILVA J. D. (2011), "Dynamic evaluation for liquid tracer in a trickle bed reactor".

Capítulo 39



10.37423/210504187

BIOMASS CONVERSION INTO SOLUBLE CARBOHYDRATES AND CATALYTIC HYDROGENATION FOR POLYOLS PRODUCTION

Jornandes Dias Silva

Universidade de Pernambuco - UPE



Abstract: Sugar cane bagasse was processed by aqueous acid hydrolysis providing xylose and glucose solutions, from the hemicellulose and cellulose, respectively. The solutions were processed by hydrogenation with nickel catalyst to promote the production of polyols. The monosaccharides were produced by acid hydrolysis with yields of 21.67 % and 14.03 %, based on weight of sugarcane bagasse (%wt./biomass), free of lignin. Polyols were produced by hydrogenation with yields of 78.62% in xylitol, and 39.64% in sorbitol. The kinetic evaluation methodology was applied for hydrolyses and hydrogenations, where for hydrolytic conversions, $E_{at_{Hm}} = 12.92$ kJ/mol for hemicellulose, and $E_{at_{Cel}} = 29.88$ kJ/mol for cellulose, while for the hydrogenations the activation energies were 42.74 kJ/mol for xylose, and 49.08 kJ/mol para a glucose.

Keywords: biomass, hydrolysis, catalytic, carbohydrates, hydrogenation, polyols.

1. INTRODUCTION

Biomass conversions with pretreatments of hemicellulose and lignin, and acid hydrolysis of cellulose can be performed to break the chemical structures of these polymers. The saccharide molecules have a wide variety of functional groups, which allow the formation of compounds with different chemical structures. This feature and their great availability from agricultural sources indicate them as intermediate products serving as feedstocks to production of value added compounds.

The processing of rich raw materials in saccharides (sugarcane, starch, molasses, and bagasse) have been the subject of studies (Abreu et al., 1995; Baudel et al., 2005; Dussán et al., 2014; Oliveira et al., 2015) to yield products with potential to industrial application. Biomass conversions employ hydrolysis and pre-treatments of hemicellulose and lignin, and acid or enzymatic hydrolysis of cellulose to break the polymeric structures to their saccharides and lignin components to value added chemicals for subsequent processing (Aho et al., 2015; Kusserow et al., 2003, Yadav et al., 2012). Hemicellulose and cellulose can be depolymerized by acid hydrolysis to produce xylose and glucose, respectively (Guan-Yu Pan et al., 2016, Mushrif et al., 2015). In the presence of homogeneous or heterogeneous catalysts the oligomeric mixtures selected may be processed in order to produce valuable chemicals. Through catalytic hydrogenation these mixtures can be converted to polyols.

Catalysts based nickel, chromium and copper has been used to hydrogenate mono- and disaccharides into polyols (Turek et al., 1983). Recently, novel catalysts based on ruthenium has been formulated to improve this hydrogenation activity [Mushrif et al., 2015]. Hydrogenation of aqueous glucose solution was performed in batch and continuous reactors using supported nickel and ruthenium catalysts (Mikkola et al., 2000).

In this work, the sugar cane bagasse was processed by acidic hydrolysis in operating steps that provided the availability of xylose and glucose, from the hemicellulose and cellulose, respectively. Then, the solutions were processed by hydrogenation with nickel catalyst to promote the production of polyols. The kinetic evaluation methodology was adopted for quantitative evaluation of the hydrolyses and hydrogenations.

2. MATERIAL AND EXPERIMENTAL METHODS

The reaction operations, including alkaline delignification and acid hydrolysis were carried out in a slurry reactor (VR = 1.5L) using solid-liquid ratios of 1:3 and 1:1. The delignification was conducted with the bagasse treated by pre-hydrolysis. The residual material was filtered (mbag) and the liquid

phase analyzed in terms of total solids and lignin. The hemicellulose extraction was carried out with an aqueous solution of H₂SO₄ (1.0 wt.%) at 80°C, 90°C and 100°C during 2 hours. After the operation the material was quantified in terms of residual solid (cellulose) and saccharide content. The cellulosic fraction was hydrolyzed at 140°C, 160°C and 180°C, under inert atmosphere (Ar, 30 bar) for 3 hours with a HCl solution (20.0 wt.%) containing LiCl (8.0 wt.%). The hydrolysates from hemicellulose and cellulose were processed with Ca(OH)₂ and Pb for sulfur and chlorine removal, respectively.

Then, the saccharide solutions were processed by catalytic hydrogenation. The catalyst used was prepared from nickel nitrate (Ni(NO₃)₂·6H₂O, Sigma) and activated carbon (Sp = 890 m²g⁻¹, dp= 91 μm, Carbomafra Co., Br) as support. The preparation method was the incipient wetness where the activated carbon was impregnated by the nickel nitrate solution. The solid was dried at 393 K for 12 h, and calcinated at 500 °C in argon flow during 5h. To promote the activation, the material was reduced in hydrogen flow (1:1 v/v, 120 cm³.min⁻¹, 3 h) at 700 °C, during 2h. The catalyst was characterized by the methods including metal content determinations by atomic absorption spectrophotometry (A.A.S., Model-CGAA7BC), textural characterization (Sp, Vp) according to the BET method (BET, ASAP 2010), and solid phases by X-ray diffraction (XRD, Cu-K source, Siemens D5000).

The hydrogenation experiments were carried out with 0.50 L saccharide solutions in a batch reactor (Parr Inst., USA, 1.0 L). The initial concentrations of xylose and glucose were 98.86 g.L⁻¹ and 102.32 g.L⁻¹, respectively, and the catalyst was 5.0 g.L⁻¹. The reaction was started when the reaction temperature was reached the operating temperature, under 30.0 bar, maintained constant, and measured with an accuracy of ± 1 K.

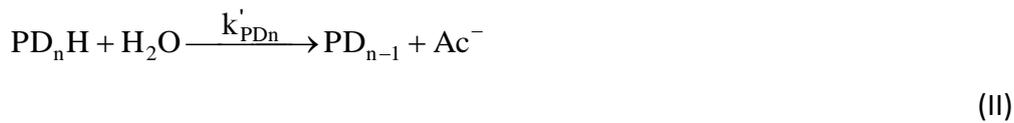
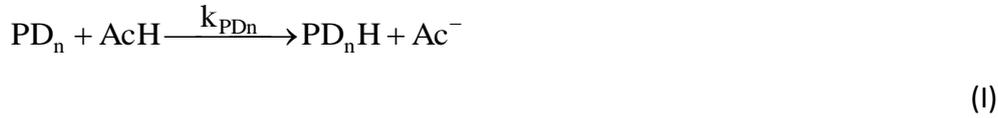
Analyses of saccharides and polyols in the liquid phases were performed via liquid chromatography (HPLC) with a column Aminex HPX-87 (BioRad, USA), using H₂SO₄-0,001N as mobile phase.

2.1. MODEL CALCULATIONS

The solutions of the mass balance equations were obtained by the 4th order Runge-Kutta method using the initial condition: $t = 0$; $CPD_n = CPD_n0$ and $CMo = 0$. A numerical optimization procedure was associated with the solution method where the initialization values of the kinetic parameters were modified by comparing the solutions in terms of the component concentrations with the experimental ones. The optimized final values of the parameters were obtained by defining a quadratic objective function f_0 ($f_0 = \sum f_{0i}$; $i = PD_n, Mo$), where $f_{0i} = \sum (C_{mi}^{Exp} - C_{mi}^{Th})^2$, $m = 1, 2, \dots, n$, and C_{mi}^{Exp} and C_{mi}^{Th} are the experimental and calculated concentrations of each component of the process.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The fractionation of the biomass by extraction of hemicellulose and cellulose (PD_n, degree of polymerization) and subsequent depolymerization of oligosaccharides (PD_{n-1}) and monosaccharides (Mo) is formulated below,



Based on the reaction scheme and considering steady state approximation for the intermediate acidified oligomers (PD_nH; n = 1, 2, 3) the rate of production of monosaccharides (r_{Mo}) is expressed as follows:

$$r_{\text{Mo}} = \frac{k_{\text{PD}_n} (C_{\text{PD}_n}^0 - C_{\text{Mo}})}{1 + \frac{k_{\text{PD}_n}}{k'_{\text{PD}_n}} (C_{\text{PD}_n}^0 - C_{\text{Mo}})} C_{\text{AcH}}^0 \quad (1)$$

Where k_{PD_n} e k'_{PD_n} are the rate constants of the steps of acidification and depolymerization, respectively. $C_{\text{PD}_n}^0$, C_{Mo} and C_{AcH}^0 are the initial concentrations of the components, polysaccharide, monosaccharide and acid.

3.1 HYDROLYSIS OF HEMICELLULOSE

The fractionation of biomass with extraction of hemicellulose (PD_n = H_m) and consequent depolymerization was considered where the biomass pulp (free lignin) was subjected to an acid diluted hydrolysis (AcH = H₂SO₄), that promoted high decomposition and removal of hemicelluloses. Eq. 2, including the production rate of monosaccharide (Eq. 1), represents the mass balance in terms of concentrations for the operation (batch) of the hemicellulose conversion into xylose (Mo = XL).

$$\frac{dC_{\text{XL}}}{dt} = \frac{m_{\text{bag}}}{V_L} \frac{k_{\text{H}_m} (C_{\text{H}_m}^0 - C_{\text{XL}})}{1 + \frac{k_{\text{H}_m}}{k'_{\text{H}_m}} (C_{\text{H}_m}^0 - C_{\text{XL}})} C_{\text{H}_2\text{SO}_4}^0 \quad (2)$$

The solution of the mass balance equation associated to the optimization procedure was performed with the data of each isothermal operation where the values of the kinetic parameters were estimated at the three temperatures. Then, Arrhenius law was applied and the activation energy ($E_{at_{Hm}}$) value was obtained. The Fig. 1 shows the experimental and predicted concentrations of residual oligomers, and produced xylose.

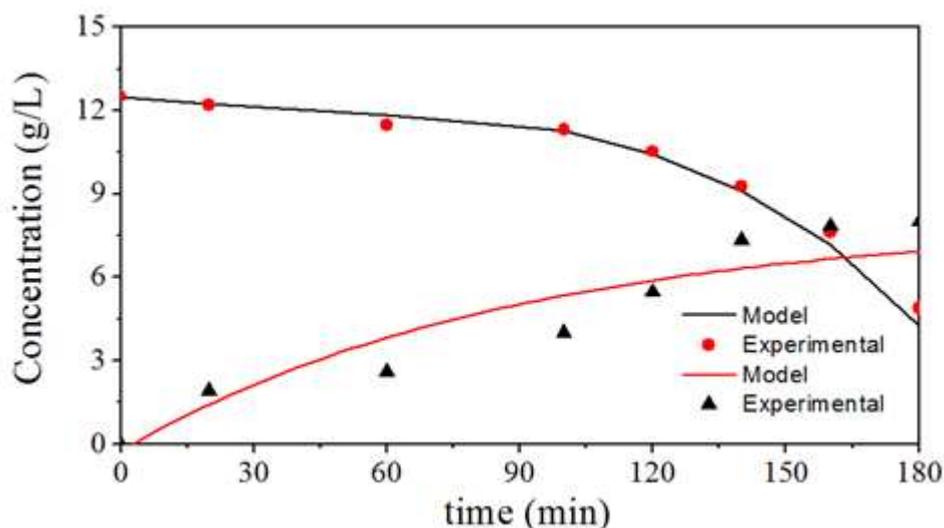


Figure 1 - Concentration evolutions of hemicellulose oligomers and xylose. Conditions: 100°C, $m_{bag} = 50.0$ g, $V_L = 1.50$ L, HCl (5.0% wt.).

The evolution of concentrations indicates that xylose extraction (64% yield, $[xylose/hemicellulose] \times 100$) was very pronounced, accounting for 16.0 % wt./biomass at 100°C after 3 hours using 5.0 % by weight of sulfuric acid solution. The arabinose content was approximately 1.2 % wt./biomass, while the degradation product (furfural), produced via dehydration, was obtained in low concentrations (1.0 % wt./biomass).

From the constant reaction rate values in the operating temperatures ($k_{80^\circ C} = 8.13 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$, $k_{90^\circ C} = 9.87 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$, $k_{100^\circ C} = 10.23 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$) was estimated an order of magnitude of the activation energy for the hydrolytic conversion of hemicellulose, $E_{at_{Hm}} = 12.92 \text{ kJ / mol}$.

3.2 HYDROLYSIS OF CELLULOSE

The cellulose pulp ($PD_n = C_{el}$), processed by acid hydrolysis ($AcH = HCl$) in presence of LiCl, was converted into oligomers (PD_{n-1}) and monosaccharide ($Mo = GL$). The mass balance, including the production rate of glucose r_{GL} (Eq. 1), was formulated in Eq. 3 for the operation (batch) of cellulose conversion into glucose (GL).

$$\frac{dC_{GL}}{dt} = \frac{m_{bag}}{V_L} \frac{k_{Cel.} (C_{el}^0 - C_{GL})}{1 + \frac{k_{Cel.}}{k_{Cel}} (C_{el}^0 - C_{GL})} C_{LiCl} C_{HCl}^0 \quad (3)$$

A similar procedure that adopted for the hemicellulose-xylose process was employed to solve the mass balance equation of cellulose-glucose process. Figure 2 shows the evolution of experimental and predicted concentrations of residual oligomers and glucose produced.

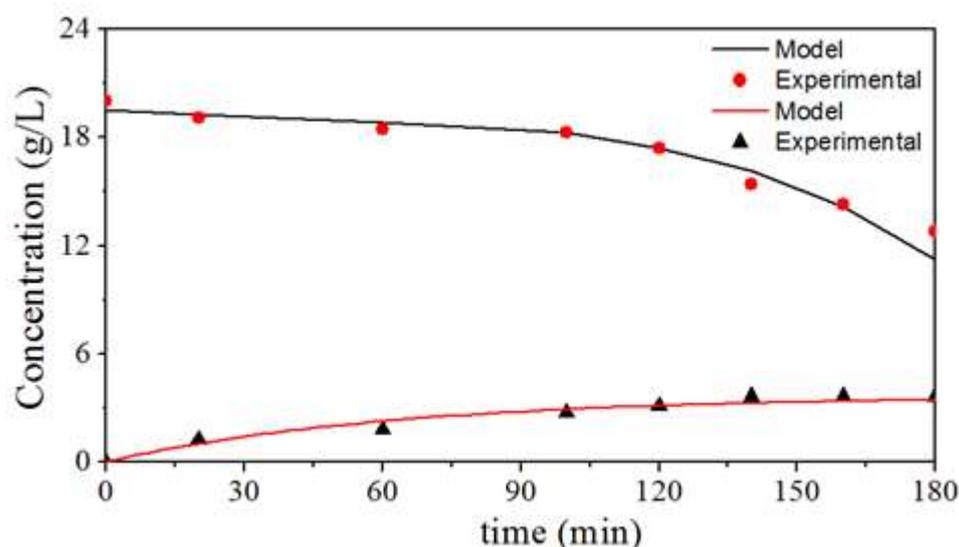


Figure 2 - Concentration evolutions of cellulose oligomers and glucose. Conditions: 180°C, $m_{bag} = 50.0$ g, $V_L = 1.50$ L, HCl (25.0 % wt.), $C_{LiCl} = 10$ g/L.

The cellulose conversion reached a level of 34 %, and lithium chloride was an effective promoter for the acid hydrolysis of cellulose. The evolution of concentrations indicates that glucose extraction (16.23 % yield, $[\text{glucose/cellulose}] \times 100$) accounting for 10.52 % wt./biomass at 100 °C after 180 minutes using 5.00 % by weight of sulfuric acid solution. The degradation product (hydroxymethylfurfural), obtained via dehydration, was obtained in low concentrations (0.76 % wt./biomass).

The values of the kinetic parameters were estimated in three different temperatures ($k_{Cel1}(40^\circ\text{C}) = 18.44 \times 10^{-4} \text{ min}^{-1}$, $k_{Cel1}(60^\circ\text{C}) = 22.31 \times 10^{-4} \text{ min}^{-1}$, $k_{Cel1}(80^\circ\text{C}) = 36.87 \times 10^{-4} \text{ min}^{-1}$). The activation energy value (Arrhenius' law) was obtained, $E_{atCel} = 29.88$ kJ/mol.

3.3 HYDROGENATION OF CARBOHYDRATES

Soluble carbohydrates obtained from biomass were hydrogenated in presence of Ni (9.6% wt.)/AC catalyst at 160°C under H₂, 30.0 bar. The nickel content and its surface area, characterized by AAS and B.E.T.-N₂, were 9.65 % by weight and 578 m²/g, respectively. The XRD analyses allowed identify the nickel oxide (2θ 37.7°, 63.7°) and nickel presences at 2θ 44.5°, 51.8°.

3.3.1 MODELING OF HYDROGENATION OPERATIONS

The hydrogenation of monosaccharides (No) originated from hemicellulose and cellulose, is represented by H₂ (g) + Mo(L) $\xrightarrow{\text{Cat}}$ Po(L), where Po are the polyols (xylitol, arabitol, sorbitol). The monosaccharide production rate (Eq. 3) is expressed by a model of Langmuir-Hinshelwood type, dehydrogenation-hydrogenation. The model assumes adsorption of hydrogen on basic sites (activated carbon support), adsorption of glucose on metallic sites (nickel), through the aldehyde function, interaction hydrogen-aldehyde, and desorption of the formed polyol.

$$r_{\text{Mo}} = r_{\text{Po}} = \frac{k K_{\text{H}_2} K_{\text{Mo}} C_{\text{H}_2} C_{\text{Mo}}}{\left(1 + K_{\text{H}_2} C_{\text{H}_2}\right) \left(1 + K_{\text{Mo}} C_{\text{MO}} + K_{\text{Po}} C_{\text{Po}}\right)} \quad (4)$$

The mass balance of the components (j = Mo, Po), which describe the evolution of the processes are represented by Eq. 4, referring to the operation in the slurry reactor. It is assumed that hydrogen is retained surplus in the liquid phase under pressure, where there is strong mechanical agitation, ensuring chemical kinetic regime conditions. At the operating conditions, to confirm the rate-controlling regime in the catalytic reaction the mass transfer limitations through the Weisz criterion, Φ_i ($\Phi_i' = r_i L_c^2 / D_{ei} C_i$), and the external mass transfer resistance fraction f_{ei} ($f_{ei} = r_i L_c / k_{im} C_i$) were quantified. The estimated values [$\Phi_i' = (0.85-3.85) \times 10^{-3}$; $f_{ei} = (5.73-8.96) \times 10^{-4}$] show that the process was rate-controlling, indicating that there was no mass transfer limitations. The mass balance equations are expressed as:

$$V_L \frac{dC_j}{dt} = \pm M_c \left(\frac{K_{\text{Mo}} C_{\text{MO}}}{1 + K_{\text{Mo}} C_{\text{MO}} + K_{\text{Po}} C_{\text{Po}}} \right) \quad (5)$$

Where M_c is the catalyst mass, V_L is the liquid volume and $k_{\text{Mo}} = k K_{\text{H}_2} K_{\text{Mo}} P_{\text{H}_2} [\text{H}_{\text{H}_2} (1 + K_{\text{H}_2} C_{\text{H}_2})]^{-1}$; K_{H_2} , P_{H_2} , H_{H_2} are the hydrogen parameters (adsorption equilibrium constant, partial pressure, Henry's constant). The initial condition is, $t = 0$; $C_{\text{Mo}} = C_{\text{Mo},0}$ and $C_{\text{Po}} = 0$.

From the experimental concentrations of monosaccharides and polyols the proposed models were well adjusted (objective functions, $f_{o, XL-X} = 6.25 \times 10^{-2}$, $f_{o, GL-G} = 3.08 \times 10^{-2}$). In Figs. 3 and 4 are shown the concentration evolutions, experimental and predicted by the models.

Figure 3 - Hydrogenation of carbohydrates and conversion of xylose into xylitol. Conditions: cat. Ni (9.62% wt.)/AC, 160°C, 30.0 bar.

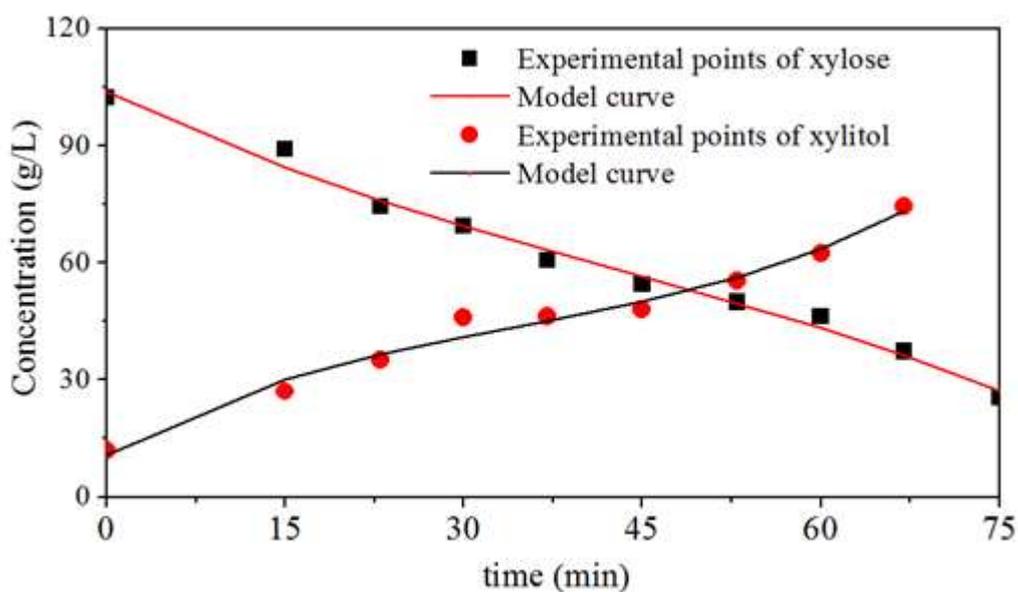
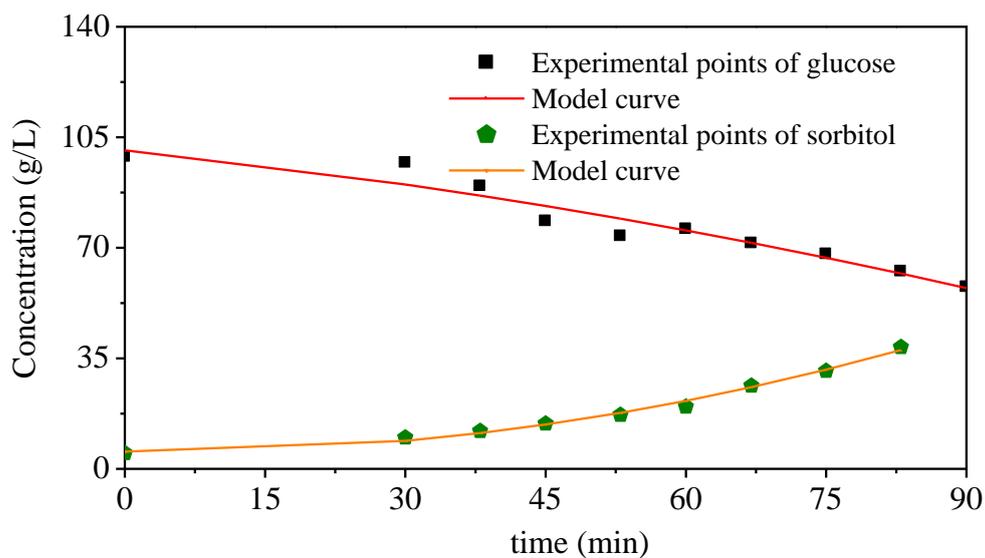


Figure 4 - Hydrogenation of carbohydrates and conversion of glucose into sorbitol. Conditions: cat. Ni (9.6% wt.)/AC, 160°C, 30.0 bar.



Based on the model adjustment, were estimated values of the reaction rate constants ($k_{M_0} = k_X, k_G$), and the adsorption constants ($K_{M_0} = K_X, K_G; K_{P_0} = K_{XL}, K_S$), (see Tables 3, 4).

Table 3 - Parameters of hydrogenation of xylose into xylitol. Conditions: cat. Ni (9.62% wt.)/AC, 120 - 160°C, 30.0 bar.

Parameters	120 °C	140 °C	160 °C
k_{XL} (mol/g.h)	1.76	2.85	5.92
K_{XL} (L/mol)	5.22	3.16	1.53
$K_X 10^2$ (L/mol)	4.18	2.89	1.38

Table 4 Parameters of hydrogenation of glucose into sorbitol. Conditions: cat. Ni (9.62% wt.)/AC, 120 - 160°C, 30.0 bar.

Parameters	120 °C	140 °C	160 °C
k_{GL} (mol/g.h)	0.31	0.66	1.24
K_{GL} (L/mol)	2.41	2.09	1.88
$K_S 10^2$ (L/mol)	7.06	5.56	2.24

Kinetic assessments at three temperatures with Ni catalyst (9.6% wt.)/AC, led to estimates of the activation energy values (Arrhenius'law) for the hydrogenation of glucose and xylose to xylitol and sorbitol, respectively. For xylose hydrogenation, the value of $E_{at_{XL}} = 42.74$ kJ/mol was lower to that found by Mikkola et al. (2000) (53.00 kJ/mol), with Raney Ni at 130°C and 70.0 bar. For the glucose hydrogenation, $E_{at_{GL}} = 49.08$ kJ/mol was of an order of magnitude somewhat higher than that obtained by Turek et al. (1983) (38.54 kJ/mol), with nickel catalyst supported on sílica.

The values of the adsorption constants of monosaccharides were higher than the polyols. The estimated heats of adsorption for xylitol ($\Delta H_{ad} = 6.75$ kJ/mol) and sorbitol ($\Delta H_{ad} = 97.05$ kJ/mol) (vant 'Hoff equation) are consistent with the experimental evidences of their availability in the liquid phase due its weak adsorption suitable for your product conditions.

4. CONCLUSIONS

Hemicellulose and cellulose obtained from sugarcane bagasse were depolymerization by acid hydrolysis to produce xylose and glucose. The monosaccharides were produced with yields [(monosaccharide/polysaccharide) x 100] of 63.87% in xylose, and 21.05% in glucose. Based on mass of sugarcane bagasse, free of lignin, the saccharides were accounted for 21.67 % and 14.03 % wt./biomass.

The monosaccharide solutions ($102.32 \text{ g xylose.L}^{-1}$, $98.86 \text{ g glucose.L}^{-1}$) were hydrogenated in the presence of nickel catalyst (Ni (9.6% wt.)/AC), with activities quantified by the activation energies of $E_{at_{XL}} = 42.74 \text{ kJ/mol}$ for xylose hydrogenation and $E_{at_{GL}} = 49.08 \text{ kJ/mol}$ for glucose hydrogenation. The valuable polyols were produced with yields of 78.62% in xylitol, and 39.64% in sorbitol.

NOMENCLATURE

AcH	Acid
AC	Activated carbon
d_p	Particle diameter
$C_{mi}^{Exp}, C_{mi}^{Th}$	Experimental and calculated concentrations
C_{PDn}	Concentration of polysaccharide
C_{PDn}, C_{Mo}	Concentrations of polysaccharide and monosaccharide
C_{PDn}^0, C_{Mo}^0	Initial concentrations of polysaccharide and monosaccharide
C_{AcH}^0	Initial concentration of acid
C_{Hm}^0, C_{Cel}^0	Initial concentration of hemicellulose and cellulose
E_{atHm}	Activation energy of hemicellulose
E_{atCel}	Activation energy of cellulose
f_o, f_{oi}	Objective functions
GL	Glucose
H_{H2}	Henry's constant of hydrogen
k_{PDn}, k'_{PDn}	Rate constants of acidification and depolymerization
k_{Hm}, k'_{Hm}	Rate constants of acidification and depolymerization of hemicellulose
k_{Cel}, k'_{Cel}	Rate constants of acidification and depolymerization of cellulose
K_{H2}	Adsorption equilibrium constant of hydrogen
m_{bag}	Mass of bagasse
Mo	Monosaccharide
M_C	Mass of catalyst
PD _n	Polysaccharide
PD _{n-1}	Oligosaccharide

P_{D_nH}	Acidified oligosaccharide
P_{H_2}	Partial pressure of hydrogen
r_{Mo}	rate of production of monosaccharides
X	Xylitol
XL	Xylose
V_L	Liquid volume

REFERENCES

- Abreu, C. A. M., Lima Filho, N. M. and Zoulalian A., *Biomass and Bioenergy*, v. 9, pp. 487-492 (1995).
- Aho A., Roggan S., Eränen K., Salmi T. and Murzin D. Y., Continuous hydrogenation of glucose with ruthenium on carbon nanotube catalysts *Catalysis Science and Technology*, v.5, pp. 953-959 (2015).
- Baudel, H. Zaror, M., C. and Abreu, C. A. M., Improving the value of sugarcane bagasse wastes via integrated chemical production systems: an environmentally friendly approach. *Industrial Crops and Products*, v. 21, pp. 309-315 (2005).
- Dussan, K. J., Silva, D. D. V., Moraes, E. J. C., Arruda P. V. and Felipe M. G. A., Acid hydrolysis of cellulose to glucose from sugarcane bagasse. *Chemical Engineering Transactions*, v. 38, pp.433-438 (2014).
- Guan-Yu Pan, Yu-Long Ma, Xiao-Xia Ma, Yong-Gang Sun, Jun-Min Lv, Jian-Li Zhang., Catalytic hydrogenation of corn stalk into polyol over Ni–W/MCM-41 catalyst. *Chemical Engineering Journal*, v. 299, pp. 386-392 (2016).
- Kusserow, B., Schimpf, S. and Claus P., Hydrogenation of Glucose to Sorbitol over Nickel and Ruthenium. *Catalysts Advanced Synthesis and Catalysis*, v. 345, pp. 289-299 (2003).
- Mikkola, Jyri-Pekka, Vainio, H., Salmi, T., Sjöholm R., Ollonqvist T. and Väyrynen J., Deactivation kinetics of Mo-supported Raney Ni catalyst in the hydrogenation of xylose to xylitol. *Applied Catalysis A: General*, v. 196, 143-155 (2000).
- Mushrif, S. H., Vasudevan, V., Krishnamurthy, C. B., Venkatesh, B., Multiscale molecular modeling can be an effective tool to aid the development of biomass conversion technology: A perspective. *Chemical Engineering Science*, v. 121, pp. 217-235 (2015).
- Oliveira, C. C. B., Silva, D. J., Araújo, A. D. F., Raphael C. R. B., Abreu, C. A. M., Kinetic evaluation of carbohydrate biomass conversions. *Chemical Engineering Transactions*, v. 43, 949-954 (2015).
- Turek, F., Chakrabarti, R. K., Lange, R., Geike, R. and Flock, W., *Chemical Engineering Science*, v.38, 275-281 (1983).Yadav, M., Mishra, D. K., Hwang, Jin-Soo., Catalytic hydrogenation of xylose to xylitol using ruthenium catalyst on NiO Modified TiO₂ support. *Applied Catalysis A: General*, v. 425 - 426, PP. 110 - 116 (2012).

Capítulo 40



10.37423/210504188

CLASSIFICAÇÃO DE JAZIMENTOS DE ARGILAS LOCALIZADOS EM MUNICÍPIO DO INTERIOR POTIGUAR

SILEIDE DE OLIVEIRA RAMOS

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

GERBESON CARLOS BATISTA DANTAS

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

PATRÍCIA MENDONÇA PIMENTEL

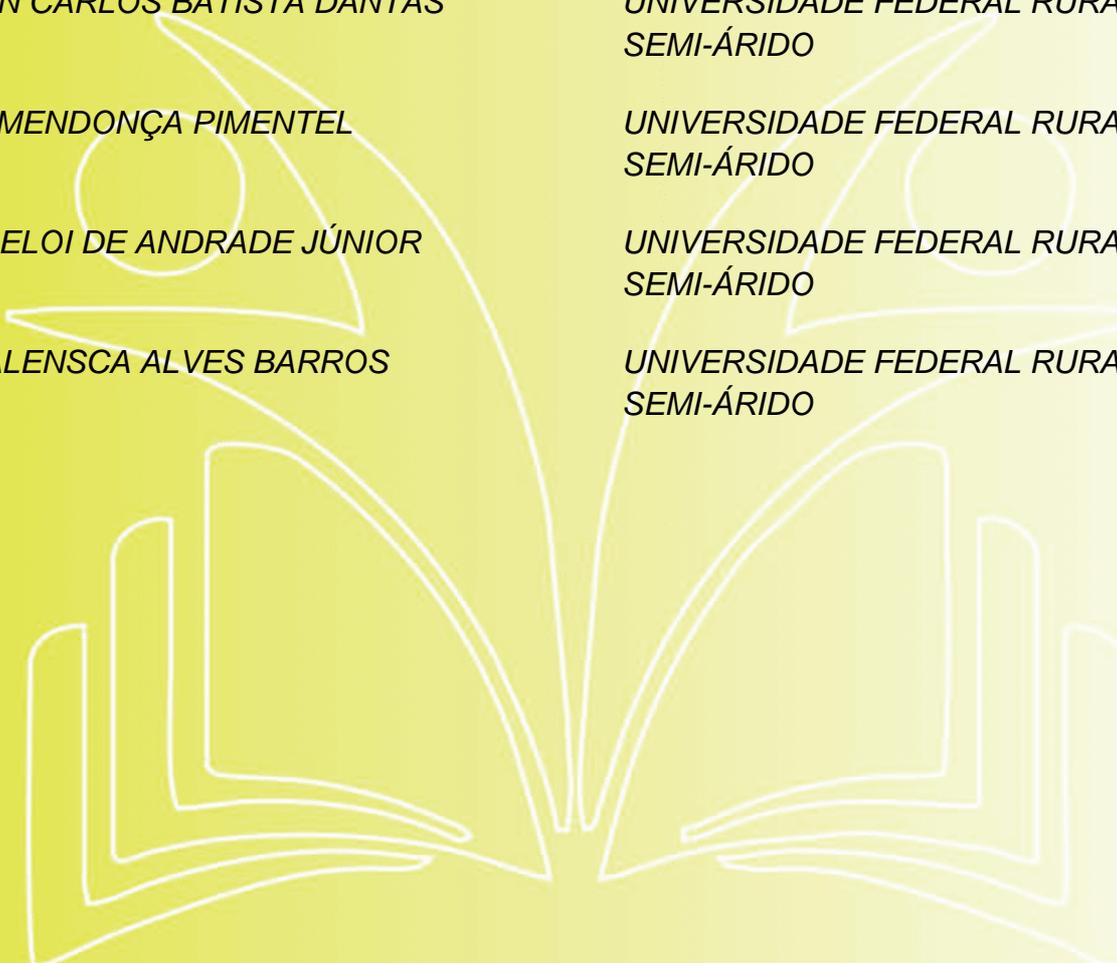
*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

TARCISIO ELOI DE ANDRADE JÚNIOR

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

SAMEA VALENSCA ALVES BARROS

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*



Resumo: A indústria cerâmica de materiais de construção brasileira é uma das maiores partícipes da economia nacional, no mesmo passo em que o Brasil é um dos grandes detentores de jazidas de argilas do mundo. Apesar disso, parte destas argilas não são devidamente caracterizadas e, por consequência, tem baixo campo de aplicabilidade industrial. Assim, este trabalho tem como objetivo caracterizar física, química, e mineralogicamente argila extraída de depósito do município de Parelhas/RN, visando aplicação na indústria cerâmica local. A amostra foi beneficiada por secagem a 60 °C, seguida de moagem e peneiramento em malha de 200 mesh. Então, a amostra foi caracterizada por espectroscopia de fluorescência de raios-x, difração de raios-x, análise granulométrica, perda ao fogo e limites de Atterberg. De acordo com a fluorescência de raio-x, a amostra é rica em SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃. Também foram identificados, em menor proporção, MgO, Na₂O, K₂O, CaO e TiO₂. O difratograma de raio-x revelou a presença predominante dos minerais de esmectita e quartzo na amostra. A amostra apresentou distribuição de partículas entre 0,4µm a 40µm, concentrando-se entre 1µm e 25µm. Quanto à plasticidade, a amostra apresentou índice de plasticidade superior a 15, indicando que a argila pode ser classificada como fortemente plástica, adequada para uso na indústria de cerâmica vermelha local.

Palavras-chave: Esmectitas, Novos jazimentos, Composição mineralógica, Indústria cerâmica.

INTRODUÇÃO

Os materiais de cerâmica vermelha possuem um amplo campo de aplicação, sobretudo, na construção civil, como blocos de vedação e estruturais, telhas, tijolos, manilhas, agregado para concreto leve dentre outras inúmeras aplicações. As aplicações cada vez diversas tem gerado necessidade cada vez mais acentuada de argila, principal matéria-prima destes artefatos (REDDY et al., 2013; ACEVEDO et al., 2017).

As argilas são definidas como um material de origem natural e mineral, com predominância de fração fina (0,1 a 100 μ m) e que quando em contato com água, apresenta plasticidade. Em relação à composição, são materiais formados por argilominerais de silicatos e óxidos de alumínio, ferro e magnésio. Devido sua origem mineral, as argilas são materiais muito heterogêneos, de modo que suas características dependem de sua formação geológica, bem como o local de extração, sendo, portanto, classificadas pela sua origem, composição química, limites de Atterberg e concentração dos argilominerais (BRITO et al., 2015; PEREIRA et al., 2014; SANTOS, 1992).

Não obstante, o Brasil é grande produtor de argilas, dispondo de milhares de jazimentos e empresas especializadas por todo território nacional, consumindo milhões de toneladas de argila todos os anos. Entretanto, parte dessas argilas não são devidamente caracterizadas, dificultando seu pleno aproveitamento industrial (RAMOS et al., 2019).

O município de Parelhas está inserido nesta problemática. Este município é um polo industrial produtor de materiais cerâmicos, sobretudo, telhas e tijolos, contando com dezenas de indústrias de portes variados, gerando emprego e renda para os munícipes. Apesar disso, as matérias-primas utilizadas não são extraídas no próprio município, aumentando os custos destas empresas com a compra das argilas, bem como, com o transporte destas. Recentemente, foram descobertos jazimentos locais, entretanto, não há caracterização tecnológica destes jazimentos, dificultando a aplicabilidade destas argilas na indústria local.

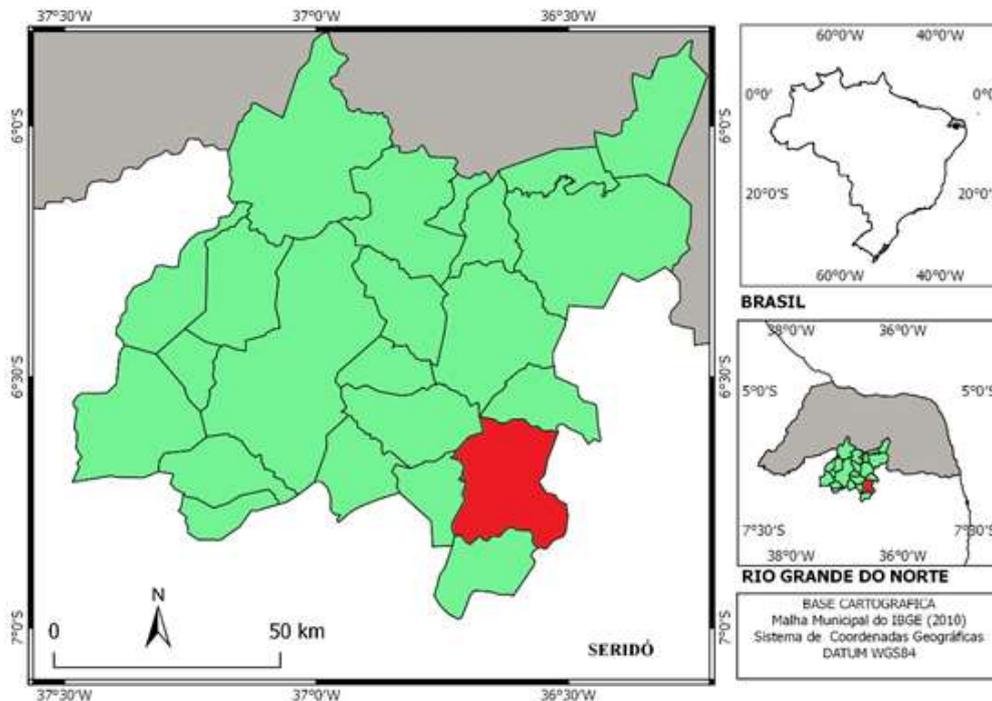
Nesta perspectiva, sabendo da importância de caracterizar os novos jazimentos para utilização pela indústria local, este trabalho tem como objetivo caracterizar física, química, e mineralogicamente argila extraída de depósito do município de Parelhas/RN, visando aplicação na indústria cerâmica local.

METODOLOGIA

Materiais

Para realização deste trabalho foi utilizada uma amostra de argila extraída de novo depósito do município de Parelhas, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil, aqui identificada como argila C. A Figura 1 denota a localização geográfica do município de Parelhas/RN.

Figura 1 – Localização geográfica de Parelhas/RN



MÉTODOS

Inicialmente, a amostra coletada foi beneficiada por meio da realização do destorroamento, secagem em estufa a 60 °C, moagem em moinho martelo e peneiramento manual em peneira de malha 0,6 mm (30 mesh) e 0,18mm (80 mesh), respectivamente. Em seguida, a amostra passou por moagem em moinho galga, seguido de peneiramento em peneira vibratória em malha 0,074mm (200 mesh) e, posteriormente, foram realizadas as caracterizações: química, mineralógica e física.

CARACTERIZAÇÃO

A caracterização da amostra de argila foi efetuada por meio das seguintes técnicas: difração de raios X, por meio do difratômetro de raios X da Shimadzu, modelo XRD-6000, com radiação $K\alpha$ de Cu (40kV/30mA), velocidade do goniômetro de 2 °C/min, passo de 0,02° e varredura angular de 2θ entre 5 a 60°; espectroscopia de fluorescência de raios X, pelo espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva (EDX), da marca Shimadzu, modelo EDX-700; análise granulométrica por

intermédio de um granulômetro CILAS modelo 1064 LD; pelos limites de Attemberg (ABNT, 1984a; ABNT, 1984b; ABNT, 2016) e perda ao fogo a 1000°C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química da amostra C é apresentada na Tabela 1. A partir dos resultados observa-se que a argila é composta principalmente por sílica (58,65%), seguida de alumina (17,20%) e ferrita (8,98%). A relação SiO₂/Al₂O₃ foi aproximadamente 3:1 para a amostra. Esta relação é importante. A relação SiO₂/Al₂O₃ é frequentemente associada ao empilhamento das camadas octaédricas e tetraédricas, das distâncias interplanares das camadas e das transições isomórficas (SANTOS, 1992). Essas informações estão associadas à maioria das estruturas fundamentais dos argilominerais conhecidos e, portanto, podem ser utilizadas na classificação destes. A relação 3:1 é característica das argilas do grupo da esmectita, composta por duas camadas tetraédricas dos silicatos e uma octaédrica dos aluminatos, unidas por oxigênios (SANTOS, 1992).

O teor de Fe₂O₃ elevado na amostra está relacionado com as substituições isomórficas na camada octaédrica da esmectita, assim como, pelos minerais acessórios (PEREIRA et al., 2014). Os demais óxidos componentes da amostra de argila apresentam-se com teores inferiores a 5%, comportando-se como fundentes quando submetidos a tratamento térmico (CARGNIN et al., 2011). Com relação à perda ao fogo a 1000°C, a amostra apresentou perda de massa de 8,26%. A perda observada está relacionada com a evaporação de água, seja dos vazios, adsorvida ou combinada, queima da matéria orgânica e a desidroxilação dos argilominerais componentes da amostra (SANTOS, 1992).

Tabela 1 - Composição química da amostra da argila

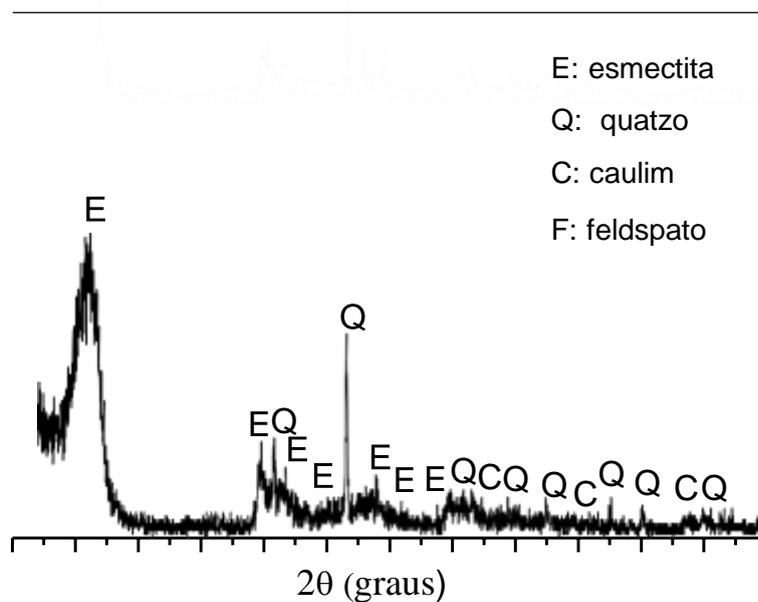
Amostra	Composição química (%)
SiO ₂	58,65
Al ₂ O ₃	17,20
Fe ₂ O ₃	8,98
MgO	2,54
Na ₂ O	1,37
CaO	1,17
TiO ₂	0,81
K ₂ O	0,49
Outros óxidos	0,53
Perda ao fogo	8,26

Razão SiO₂/Al₂O₃

3,41

O difratograma de raios-x da argila está ilustrado na Figura 2. O difratograma revelou a presença das reflexões características dos argilominerais caulinita (JCPDS: 78-2110), quartzo (JCPDS: 46-1045), feldspato (JCPDS: 89-8575) e esmectita (JCPDS: 13-0135).

Figura 2 – Difratograma de raios-x da amostra da argila



A amostra C foi predominantemente esmectítica, apresentando pico principal entre $2,5^\circ < 2\theta < 7,5^\circ$. A presença em maior percentual da esmectita (Al₂Si₄O₁₀(OH)₂) na amostra é corroborado com o resultado da análise química, uma vez que o elevado teor de SiO₂ e a relação SiO₂/Al₂O₃ de aproximadamente 3:1 está associado a presença predominante do argilomineral esmectita (MEDEIROS et al., 2016). A presença principal da esmectita é interessante em razão de que este argilomineral confere a plasticidade necessária para que a amostra seja conformada com eficiência (CELIK, 2010).

Os resultados da distribuição granulométrica e diâmetros característicos podem ser vistos na Figura 3 e na Tabela 2, respectivamente. Observa-se que a amostra apresentou perfil bimodal. De maneira geral, a amostra apresentou distribuição de partícula entre 0,4μm a 40μm, concentrando-se entre 1μm e 25μm.

Figura 3 – Distribuição granulométrica da amostra

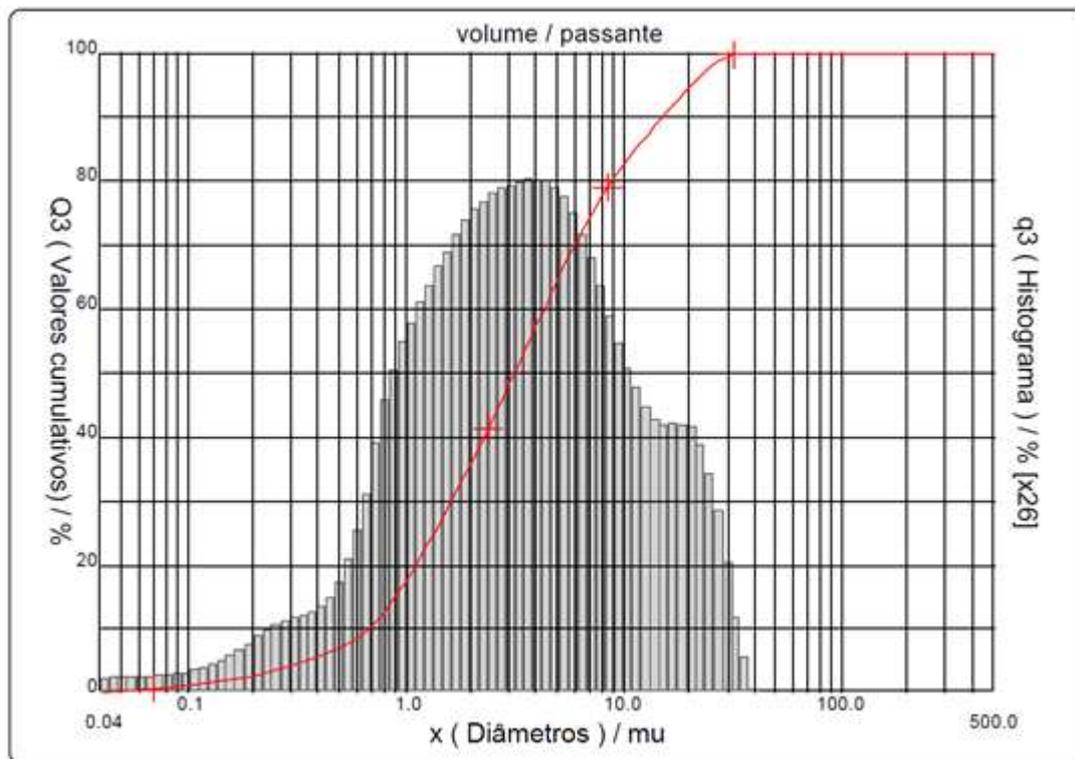


Tabela 2 - Diâmetros característicos da argila

Diâmetros	C
D10 (μm)	1,03
D50 (μm)	5,29
D90 (μm)	13,97
Dmédio (μm)	6,55

A Tabela 3 evidencia os valores de limite de plasticidade (LP), liquidez (LL) e índice de plasticidade (IP) da argila C. De acordo com os dados das propriedades físicas da amostra, observa-se que esta apresentou valores elevados para limites de liquidez, plasticidade e de índice de plasticidade. Este comportamento está relacionado com a constituição desta argila, uma vez que é predominantemente esmectítica. De acordo com a classificação de CasaGrande, a argila apresentada pode ser classificada como fortemente plástica ($IP > 15$) (MAESTRELLI et al., 2013; LUCIANO et al., 2012).

Tabela 3 - Limites de Atterberg da amostra da argila

Limites de Atterberg	C
LL	84,12
LP	54,67
IP	29,45

A partir disto, é possível fazer conexão com os resultados de plasticidade. A argila apresentou elevados teores de argilominerais esmectíticos (Figura 2), finura (Figura 3) e presença de matéria orgânica na forma de coloides protetores (Tabela 1), que terminam por favorecer o desenvolvimento de plasticidade, classificando a argila como fortemente plástica, conforme observado na Tabela 3. Esta classificação o que é um bom resultado para indústria cerâmica, pois a elevada plasticidade resulta em economia (desnecessário usar aditivos plastificantes) e melhor conformação no molde.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste estudo, evidencia-se que a amostra de argila é composta pelos argilominerais principalmente por esmectita, seguido de quartzo, caulinita e feldspato. A distribuição granulométrica apresentou perfil bimodal, com predominância de grãos entre entre 1 μ m e 25 μ m. Quanto aos limites de Atterberg, a amostra foi classificada como fortemente plástica. De acordo com os resultados, a argila C pode ser classificada como esmectita. Por fim, os resultados revelam que esta argila possui potencial para serem utilizadas como matérias-primas na indústria de cerâmica vermelha local, em razão da sua adequada composição mineralógica, distribuição granulométrica conveniente e desempenho fortemente plástico, favorecendo a conformação dos materiais, a queima e o desempenho final do material.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, N.I.A.; ROCHA, M.C.G.; BERTOLINO, L.C. Mineralogical characterization of natural clays from Brazilian Southeast region for industrial applications. *Cerâmica*, v.63, n.366, p.253-262, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA E NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457 - Amostras de solos -preparação para ensaios de compactação e caracterização. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459 - Determinação do limite de liquidez - método de ensaio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1984a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA E NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180 - Determinação do limite de plasticidade - método de ensaio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1984b.
- BRITO, P., ALMEIDA, E. P., NEVES, G. A., MENEZES, R. R., SILVA, V. J., SANTANA, L. N. L. Avaliação de novos depósitos de argilas do Estado da Paraíba visando sua aplicação como matérias-primas cerâmicas. *Cerâmica*, v.61, n.360, p.391-398, 2015.
- CARGNIN, M., SOUZA, S.M.A.G., SOUZA, A.A.U., NONI, A.J. Determinação de parâmetros cinéticos da sinterização de revestimentos cerâmicos de monoqueima do tipo BIIa. *Cerâmica*, v.57, n.344, p.461-466, 2011.
- CELIK, H. Technological characterization and industrial application of two Turkish clays for the ceramic industry. *Applid Clay Science*, v.50, p.245-254, 2010.
- LUCIANO, R.V., ALBUQUERQUE, J.A., COSTA, A., BATISTELLA, B., WARMLINY, M.T. Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no sul do Brasil. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.36, n.6, p.1733-1744, 2012.
- MAESTRELLI, S.C., ROVERI, C.D., NUNES, A.G.P., FAUSTINO, L.M., AIELO, G.F., PINTO, L.P.A., ANOCHIO, C., CAL, T.M.L., RIBEIRO, F. F., MARIANO, N.A. Estudo de caracterização de argilas não plásticas da região de Poços de Caldas, MG. *Cerâmica*, v.59, n.350, p.242-248, 2013.
- MEDEIROS, S.G., DUTRA, R.P.S., GRILO, J.P.F., MARTINELLI, A.E., PASKOCIMAS, C.A., MACEDO, D.A. Preparação de compósitos alumina-mulita de baixo custo via sinterização reativa entre uma argila caulínica da Paraíba e hidróxido de alumínio. *Cerâmica*, v.62, n.363, p.266-271, 2016.
- PEREIRA, I. D. S., SILVA, I. A., CARTAXO, J. M., MENEZES, R. R., SANTANA, L. N. L., NEVES, G. A., FERREIRA, H. C. Estudos de caracterização dos novos depósitos de argilas esmectíticas do município de Sossego, PB. *Cerâmica*, v.60, n.354, p.223-230, 2014.
- PEREIRA, I.D.S., LISBOA, V.N.F., SILVA, I.A., FIGUEIRÊDO, J.M.R., NEVES, G.A.,

MENEZES, R.R. Bentonite Clays from Sossego, Paraíba, Brazil: Physical and Mineralogical Characterization. Materials Science Forum, v.798-799, p.50-54, 2014.

RAMOS, S. O., MACEDO, R. S., CARTAXO, J. M., MENEZES, R. R., NAVARRO, L. N.

L., NEVES, G. A. Caracterização de argilas usadas para cerâmica estrutural. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.5, n.3, pp.65-70, 2010.

REDDY, D.; LEE, S.M.; KIM, J.O. A Review on emerging application of natural sericite and its composites. World Applied Sciences Journal, v. 27, n.11, p.1514, 2013.

SANTOS, P.S. Ciência e tecnologia de argilas. 2ed, São Paulo: Edgar Blücher, v.1, 1992. 397p.

Capítulo 41



10.37423/210504189

ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS DE SÍNTESE DE PIGMENTOS

Gerbeson Carlos Batista Dantas

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

PATRÍCIA MENDONÇA PIMENTEL

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

KAIQUE MATHEUS BARBOSA FERREIRA

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

TARCISIO ELOI DE ANDRADE JÚNIOR

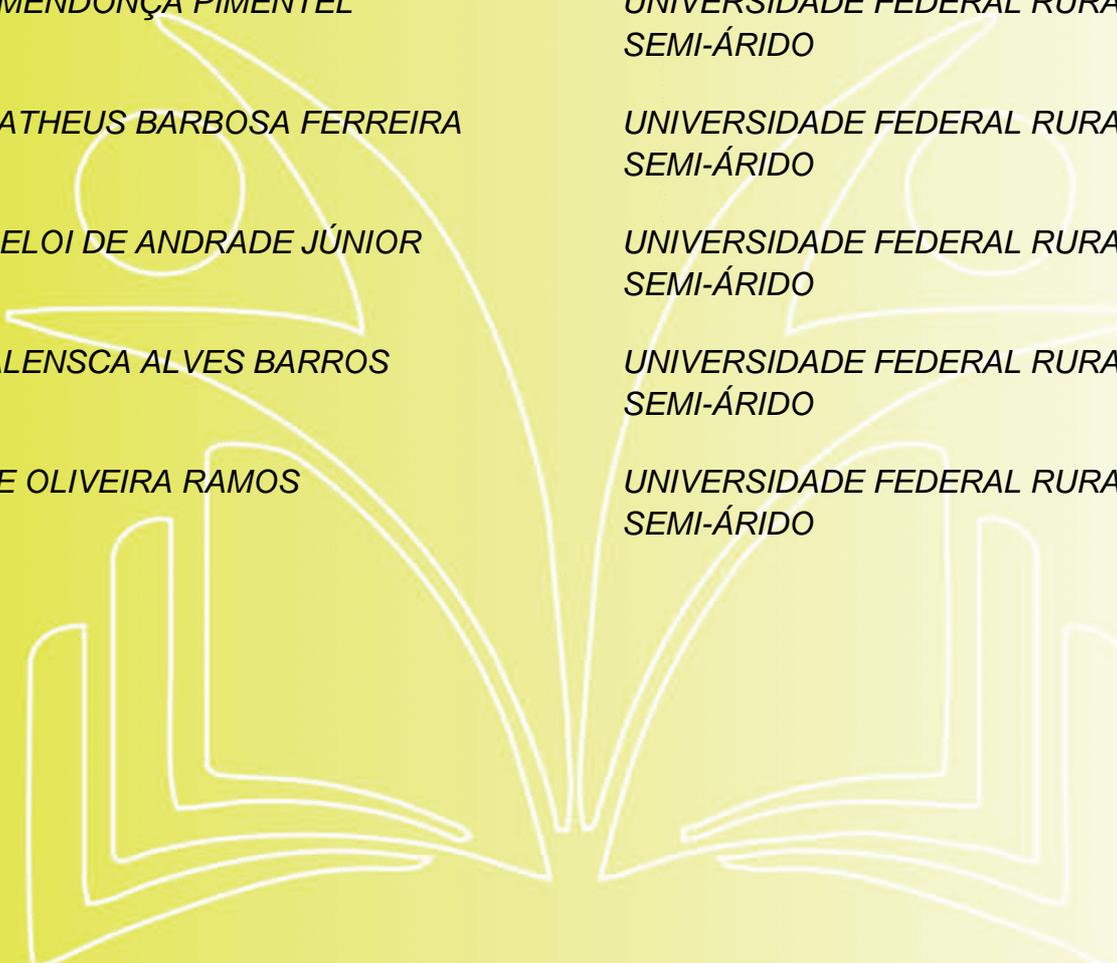
*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

SÂMEA VALENSCA ALVES BARROS

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

SILEIDE DE OLIVEIRA RAMOS

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*



Resumo: Os pigmentos cerâmicos são compostos inorgânicos, insolúveis e com estabilidade térmica e química. Dentre os óxidos usados como pigmentos inorgânicos, destacam-se óxidos com estrutura perovskita (ABO_3), os quais favorecem a diferentes cátions em sua estrutura, produzindo pigmentos de cores variadas, estáveis em temperaturas elevadas e resistentes a ataques químicos. No presente trabalho, foram sintetizados óxidos com composição $LaCrO_3$ por duas rotas de sínteses, objetivando comparar esses dois métodos em função da microestrutura e propriedades ópticas. As rotas de síntese empregadas foram método da gelatina que a utiliza como precursor orgânico e o método de autocombustão assistida por microondas, cuja proporção dos reagentes usados atende a química do propelente. Os pós precursores resultantes dos processos, foram calcinados a $800\text{ }^\circ\text{C}$ e a $1000\text{ }^\circ\text{C}$ para a obtenção da fase perovskita. Em seguida foram caracterizados por difração de raios X (DRX), seguido por refinamento Rietveld para determinação estrutural; microscopia eletrônica de varredura (MEV); microscopia eletrônica de transmissão (MET); espectroscopia na região do UV-Visível e colorimetria para análise da cor dos pigmentos. De acordo com os difratogramas de raios-X, os pós obtidos, em ambos os métodos de síntese, são monofásicos com estrutura perovskita ortorrômbica, com tamanho do cristalito variando entre 14,28 a 36,35 nm. Imagens MEV revelaram que os pós são porosos e nanométricos. As cromitas de lantanídeos apresentaram coloração acinzentadas, sendo mais escura nos pós calcinados a temperaturas mais altas. Não foram observadas alterações significativas nos pós sintetizados pelas duas rotas.

INTRODUÇÃO

A família da perovskita foi descoberta em 1830 na Rússia pelo geólogo G. Rose e foi nomeada em homenagem ao mineralogista russo C. L. A. von Perovskite [1]. Segundo Barros (2009) os óxidos com estrutura perovskita (ABO_3), vêm despertando o interesse científico e tecnológico devido à capacidade em acomodar diferentes cátions em sua estrutura, obtendo, assim, diferentes cores e propriedades [2]. Essa capacidade pode conferir a esse tipo de estrutura desde propriedades óticas, magnéticas e elétricas, até sua possível aplicação em sensores de gás, baterias termoelétricas, sensores químicos, células a combustível, como catalisador automotivo na conversão de hidrocarbonetos em CO_2 e H_2O , através da oxidação catalítica [3]. Além disso, os pós com essa estrutura apresentam potencial para aplicação como pigmento cerâmico.

A estrutura ideal da perovskita é bem definida do tipo cúbica, mas abrangem vários outros tipos de estrutura em diferentes compostos. São mais encontradas aquelas em que A é um cátion com estado de oxidação $2+$ e B um metal de transição $4+$. Entretanto, os cátions A e o B podem ter o estado de oxidação $+3$. Quando há substituição parcial dos cátions A e B, a estrutura não se altera, no entanto em algumas situações a estrutura pode apresentar uma distorção, formando novos compostos ortorrômbicos, romboédricos e tetragonais [4] [5].

Para serem aplicados como pigmento cerâmico, os óxidos com estrutura perovskita devem apresentar estabilidade térmica, insolubilidade na cobertura, resistência ao ataque por agentes químicos (ácidos e bases) e não deve produzir gases, evitando a formação de bolhas [6] [7].

Muitos métodos são propostos para a síntese de óxidos com estrutura perovskitas, tais como o método Pechini [8], sol-gel, co-precipitação, entre outros. Neste trabalho foram sintetizadas perovskitas do tipo $LaCrO_3$ por duas rotas de síntese: pelo método gelatina e pelo método combustão. O método da gelatina baseia-se na capacidade da gelatina ter várias cadeias de proteínas compostas de aminoácidos e estas podem se coordenar a metais através de sítios a partir destas grandes cadeias por elas constituídas [9], sendo um processo para uma nova alternativa de obtenção de nanopartículas. O método da combustão consiste de uma reação numa mistura redox em meio aquoso, contendo agente oxidante (normalmente íons de nitratos metálicos), inseridos como oxidantes, e um agente complexante (combustível). Geralmente, os combustíveis mais utilizados são ureia, glicina, hidrazida, carbohidrazida. Dentre os métodos de síntese de perovskitas, a autocombustão assistida por micro-ondas é caracterizada por ser um processo mais simples e rápido, com grau de pureza, com significativa economia em tempo e consumo de energia [10].

Por fim, o objetivo desse trabalho é avaliar a influência da rota de síntese na obtenção da perovskita LaCrO_3 quanto as suas parâmetros microestruturais, morfológicas e coloríficas do material.

MATERIAIS E MÉTODO

Os materiais utilizados para realização deste trabalho foram o nitrato de lantânio hexahidratado $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Sigma-Aldrich) com pureza de 99% e o nitrato de cromo nonahidratado $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (Vetec) e pureza 97%. A gelatina foi conseguida em uma farmácia de manipulação.

Síntese dos pigmentos cerâmicos: para sintetizar o composto LaCrO_3 pelo método gelatina foi necessário adicionar a gelatina em um béquer contendo 150 mL de água deionizada sob agitação constante a 50 °C a fim de dissolvê-la. A dispersão permaneceu sob aquecimento até aproximadamente 70 °C. Em seguida foi acrescentado o nitrato de cromo e, posteriormente, o nitrato de lantânio. A temperatura foi aumentada para 90 °C ocorrendo assim à evaporação da água e formação de uma resina polimérica, que foi calcinada a 400 °C por 2 h com uma taxa de aquecimento de 10 °C/min para a remoção de parte da matéria orgânica. O material resultante foi então calcinado por 4 h, a 10 °C/min, em 800 e 1000 °C. No caso do mesmo composto pela rota de síntese combustão assistida em microondas a mistura consiste na seguinte proporção: um mol de nitrato metálico para um mol de nitrato de cromo, para cada cinco moles de ureia. A reação de síntese se inicia a partir da dissolução da ureia com água deionizada em um Becker com agitação constante a 70 °C. Após isso a dissolução, adiciona-se os nitratos de cromo e lantânio dissolvidos em água deionizada, a uma temperatura aproximada de 80 °C. Esperou-se reduzir a quantidade de água com o aquecimento para introduzir em um forno micro-ondas, cuja auto-ignição ocorreu entre 5 e 7 minutos. Os pós resultantes em ambos os processos (pós precursores) é poroso e de coloração verde e foi calcinado a 800 °C e a 1000 °C por 4 horas para obtenção da fase perovskita.

Preparação das fritas: os pigmentos foram aplicados aos esmaltes cerâmicos transparentes, onde foram utilizadas fritas transparentes brilhantes. Os revestimentos foram obtidos usando misturas de 2% em massa de pigmento para 98% de frita, foram utilizados 200 g de frita em 60 mL de solução aquosa contendo uma concentração mássica de 0,2% de carboximetilcelulose e 0,1% de hexametilfosfato de sódio.

Caracterização dos pós: Os pós resultantes do processo de síntese, em ambas as rotas de síntese foram levados para a etapa de caracterização: Difração de Raios-x, Microscopia Eletrônica de Varredura,

Microscopia Eletrônica de Transmissão, Colorimetria e Espectroscopia de absorção na região do UV-Visível.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

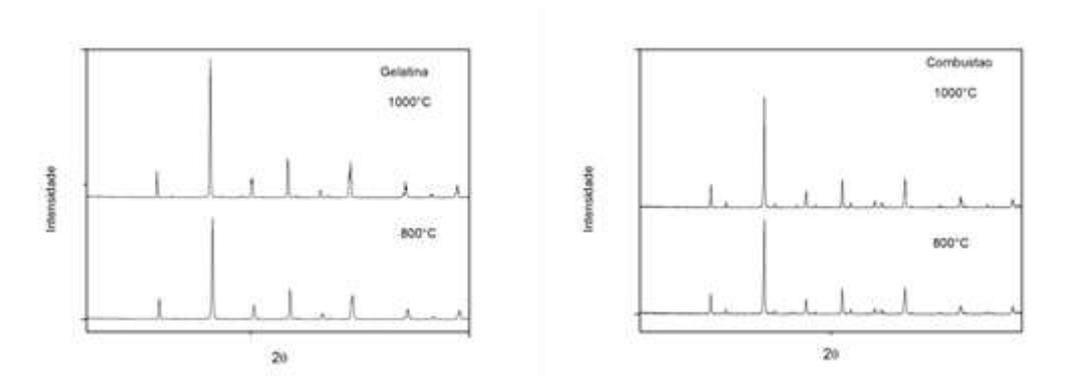
Os difratogramas de raios x dos compostos LaCrO_3 calcinadas a 800°C e a 1000°C por 4h em ambas as rotas de síntese são mostradas nas Figuras 01 e 02. A identificação das fases ocorreu através do método de Refinamento Rietveld [11] que revelou que os pós sintetizados pelos dois métodos apresentaram-se monofásicas, com estrutura perovskita ortorrômbica comprovada pela carta ICSD 2104121. Foi constatado que esta carta se assemelha com as reflexões características de uma estrutura perovskita ABO_3 .

Os parâmetros de refinamento (parâmetro de rede, tamanho do cristalito, SIG) são mostradas na Tabela 01. Observou-se que o tamanho do cristalito aumentou conforme a temperatura de calcinação foi elevada variando entre 14,28 a 33,40nm pela rota de síntese da gelatina e 19,72 a 36,32nm pelo método da combustão. Conforme Costa e colaboradores [12] este é um comportamento esperado, pois a temperatura é a força motriz que provoca o coalescência e o crescimento das partículas, por outro lado, é possível notar que a rota de síntese pelo método da gelatina alcançou um pó levemente menor do que aqueles realizados através do método da combustão. O valor de otimização do refinamento (SIG) apresentou-se dentro da margem de aceitação, variando entre 1,15 a 1,86 indicando que houve precisão no refinamento dos pós, uma vez que o valor do SIG foi inferior a 2.

Tabela 01 – Parâmetros microestruturais da LaCrO_3 pelos dois métodos de síntese

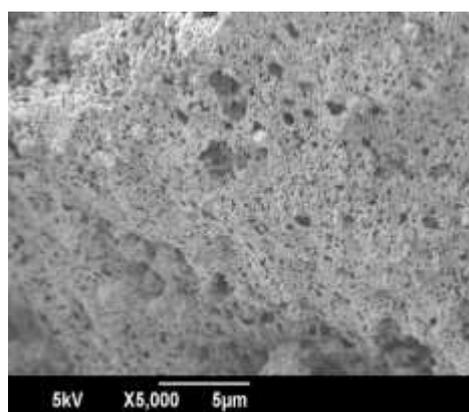
Amostras	Temperatura $^\circ\text{C}$	Parâmetros de rede (Å)			Tamanho do Cristalito (nm)	SIG
		A	b	C		
Gelatina	800	5,49 2	5,585	7,915	14,28	1,60
	1000	5,65	5,578	7,815	33,40	1,58
Combustão	800	5,45	5,478	7,715	19,72	1,15
	1000	5,45	5,478	7,715	36,32	1,17

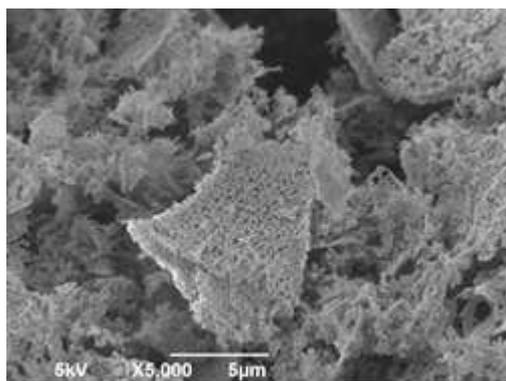
Figuras 01 e 02: Difratoograma de raios X da amostra LaCrO₃ pelo método da gelatina e combustão, respectivamente.



As micrografias obtidas no microscópio eletrônico de varredura são mostradas nas figuras 03 e 04 para a cromita de lantânio nas duas rotas de síntese calcinadas a 800°C. dessa forma, observou-se a morfologia porosa, nanométrica com formação de partículas com aspecto arredondado. Em ambos os métodos observou-se também que os pós são formados por partículas muito cristalinas. justifica-se a grande porosidade devido a perovskita ser formada com base na evolução dos gases formados com a decomposição da matéria orgânica durante a etapa de calcinação, formando uma superfície contínua.

Figuras 03 e 04: Imagem MEV da perovskita LaCrO₃ a 800 °C obtida pelo método gelatina e combustão com amplificação de 5.000x, respectivamente.





As curvas de reflectância são mostradas nas figuras 05 e 06. Na região do UV-Visível das amostras de LaCrO_3 foi observado que o íon cromóforo é o Cr^{3+} presente no sítio B da perovskita, um vez que este realiza transição d-d que é responsável pela cor. Já o lantânio não realiza transição pois está com todos os orbitais d completos, assim como não realiza transição f-f, logo não contribui para a cor do pó sintetizado.

O Cr^{3+} apresenta quatro transições possíveis na região do visível, quando em sítio octaédrico. A primeira transição ocorre em cerca de 570 nm e é atribuída a ${}^4A_{2g}({}^4F) \rightarrow {}^4T_{2g}({}^4F)$, a segunda ocorre próximo de 440 nm e corresponde a ${}^4A_{2g}({}^4F) \rightarrow {}^4T_{1g}({}^4F)$ e as duas últimas ocorrem em 640 – 740 nm e são atribuídas as transições ${}^4A_{2g}({}^4F) \rightarrow {}^4T_{1g}({}^2G)$ e ${}^4A_{2g}({}^4F) \rightarrow {}^2E({}^2G)$ [13]. Em conformidade a isto, pode ser observado que nas temperaturas supracitadas, as curvas são características do Cr^{3+} , indicando que este foi o responsável pela cor do pigmento e desse modo, as bandas de reflexão das amostras são mais intensas e largas, na região do visível, sob a região de 600nm coincidente com as curvas características do Cr^{3+} cujo resultado é uma cor verde-acinzentada.

Além disso, foi observado também que a medida que a temperatura aumenta, diminui o percentual de reflectância, isto é, reduz a luminosidade e conseqüentemente, a cor é um pouco mais escura em temperaturas maiores seja para a amostra pelo método da gelatina, seja pela amostra pelo método da combustão.

Os pós apresentaram resultados semelhantes para as duas temperaturas, tanto em relação a cor refletida, quanto nos parâmetros colorimétricos da tabela 02. A perovskita sintetizada pelo método da gelatina apresentou-se levemente mais escura do que pelo método da combustão, conforme os valores de luminosidade da tabela 02. Com relação a cromaticidade, apresentaram valores similares, convergindo para a mesma cor.

Figura 05 e 06: Curvas de reflectância LaCrO₃ dos pós pelo método da gelatina

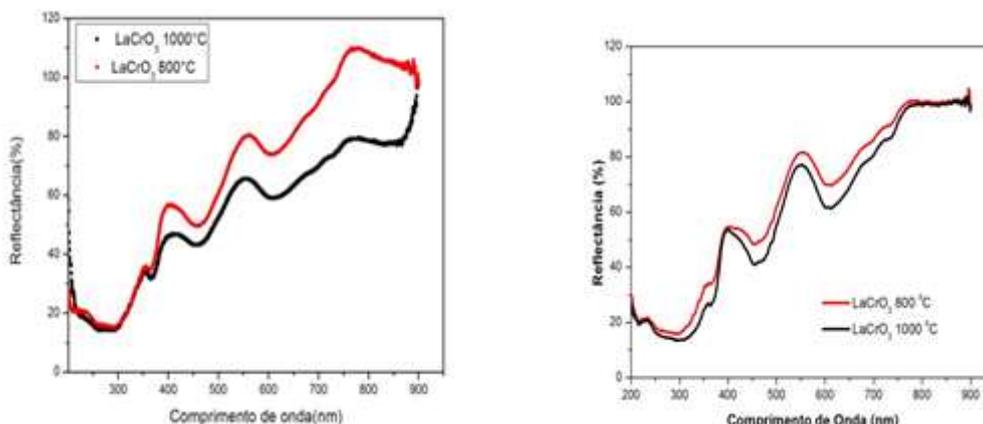
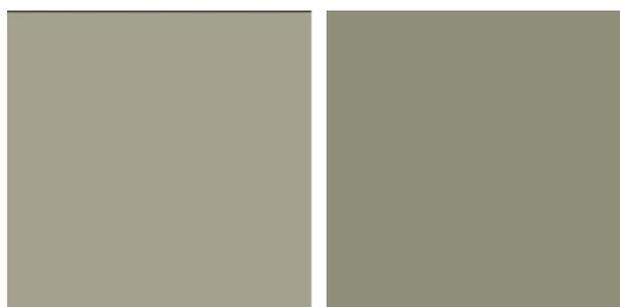


Tabela 02 – Coordenadas CIEL*a*b das amostras de pigmento.

Amostra	Temperatura °C	L*	a*	b*
Gelatina	800	66.49	-1.77	10.69
	1000	63.48	-0.79	10.72
Combustão	800	60.11	-2.68	11.70
	1000	58.32	-4.03	13.14

Figuras 07 e 08 – Cores dos pigmentos calcinados a 800 °C das perovskitas LaCrO₃ pelo método da gelatina e combustão, respectivamente.



Figuras 09 e 10 – Cores dos pigmentos calcinados a 1000 °C das perovskitas LaCrO₃ pelo método da gelatina e combustão, respectivamente.



CONCLUSÃO

Os resultados obtidos por esse trabalho indicam que as rotas de síntese, que utiliza a gelatina como direcionador orgânico e combustão assistida por microondas, mostrou-se um processo eficiente, uma vez que se obtiveram pigmentos com estrutura perovskita monofásica, em baixas temperaturas, podendo assim, substituir os métodos convencionais como o Sol-Gel e os métodos industriais de síntese. Em relação a estrutura, ambas as perovskitas calcinadas nas duas temperaturas (800°C e 1000°C) apresentaram estrutura perovskita distorcida para ortorrômbica, em consonância com o fator de tolerância calculado. As cromitas de lantânio sintetizadas apresentaram coloração mais intensa nos pós calcinados a temperaturas mais altas, ao mesmo tempo em que não houve variação abrupta da cor, logo indicando que os pigmentos apresentaram-se quimicamente estáveis. Por fim, conclui-se que não houve alterações consideráveis na síntese da perovskita LaCrO₃ pelas duas vias de síntese.

AGRADECIMENTOS

Os autores desta contribuição científica gostaria de agradecer ao CNPq pelo apoio financeiro. Ao laboratório de Luz Síncrotron(LNLS), ao Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais(UFRN), ao CITED (UFERSA) pelas análises de caracterização.

REFERÊNCIA

- [1] D. S. Melo, E. P. Marinho, L. E. B. Soledade, D. M. A. Melo, S. J. G. Lima, E. Longo, I. M. G. Santos, A. G. Souza, "Lanthanum-based perovskites obtained by the polymeric precursor method", *J. Mater. Sci.* 43 (2008) 551-556.
- [2] BARROS, B.S. Reforma a seco e a vapor do metano sobre os precursores catalíticos $\text{LaNiO}_3 / \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ e $\text{La}_2\text{NiO}_4 / \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ preparados por autocombustão assistida por microondas. 2009. 190f. Tese (doutorado em ciência e engenharia de materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.
- [3] J. S. Walquíria, M. A. M. Dulce, F. C. X. S. Sibelle, M. P. Patrícia, M. N. Rubens, E. M. Antonio, A. R. Adriano, "Síntese de Manganita de Lantânio com Substituição Parcial do La por Sr pelo Método Citrato", *Rev. Matéria* 12, 1 (2007) 65-71.
- [4] MARTINELLI, D.M.H. Síntese e caracterização de catalisadores de LaNiO_3 não suportados e suportados em Al_2O_3 e ZrO_2 para a reforma a vapor metano. 2007. 99f. Dissertação (mestrado em ciência e engenharia de materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.
- [5] PAIVA, A.K.O. et al. Estudo comparativo de perovskitas $\text{La}_{0,6}\text{Ca}_{0,4}(\text{Co},\text{Mn})\text{O}_3$ obtidas pelo método dos precursores poliméricos para utilização em catálise de combustão. *Cerâmica*, Natal, v. 60, p. 144-148, 2014.
- [6] LOPES, K.P. Desenvolvimento de pigmentos manométricos encapsulados. 2004. 77f. Dissertação (mestrado em química) – Universidade Federal São Carlos, São Carlos, 2005.
- [7] SPINELLI, A.; OLIVEIRA, P.N.; PASKOCIMAS, A.C. Síntese de pigmento cerâmico de óxido de ferro encapsulado em sílica amorfa para aplicações cerâmicas a altas temperaturas (1100-1200 °C). *Cerâmica industrial*, v. 8, n. 1, p. 46-50, janeiro/fevereiro. 2003.
- [8] F. S. Oliveira, P. M. Pimentel, R. M. P. B. Oliveira, D. M. A. Melo, M. A. F. Melo, "Effect of lanthanum replacement by strontium in lanthanum nickelate crystals synthesized using gelatin as organic precursor", *Mater. Lett.* 64 (2010) 2700-2703.
- [9] H. B. Narje's, D. Pierre, B. Habib, "Physicochemical and catalytic properties in methane combustion of $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_{3-y}$ ($0 \leq x \leq 1$; $0.04 \leq y \leq 0.24$) perovskite-type oxide", *Appl. Catalysis A: General* 282 (2005) 173-180.
- [10] COSTA, A.C.F.M. et al. Síntese, por reação de combustão em forno de microondas, de nanoferritas de níquel dopadas com cromo. *Cerâmica*, v. 55, p. 78-83, 2009.
- [11] RIETVELD, H. M. A profile refinement method for nuclear and magnetic structures. *Journal of Applied Crystallography*, v. 2, p. 65-71, 1969.
- [12] COSTA, A.F. et al. Síntese e caracterização de espinélios à base de ferritas com gelatina como agente direcionador. *Cerâmica*, Natal, v. 57, p. 352-355, 2011.
- [13] DONDI, M. et al. The role of counterions (Mo, Nb, Sb, W) in Cr-, Mn-, Ni- and V- doped rutile ceramic pigments Part 2. Colour and technological properties. *Ceramics International*, v. 32, p. 393-405, 2006.

Capítulo 42



10.37423/210504190

INFLUENCIA DA DOPAGEM DO SÍTIO B NAS PROPRIEDADES ÓPTICAS E ESTRUTURAIS DO ALUMINATO DE LANTÂNIO

Gerbeson Carlos Batista Dantas

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

PATRÍCIA MENDONÇA PIMENTEL

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

SAYONARA VANESSA DE MEDEIROS LIMA

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

SAMEA VALENSCA ALVES BARROS

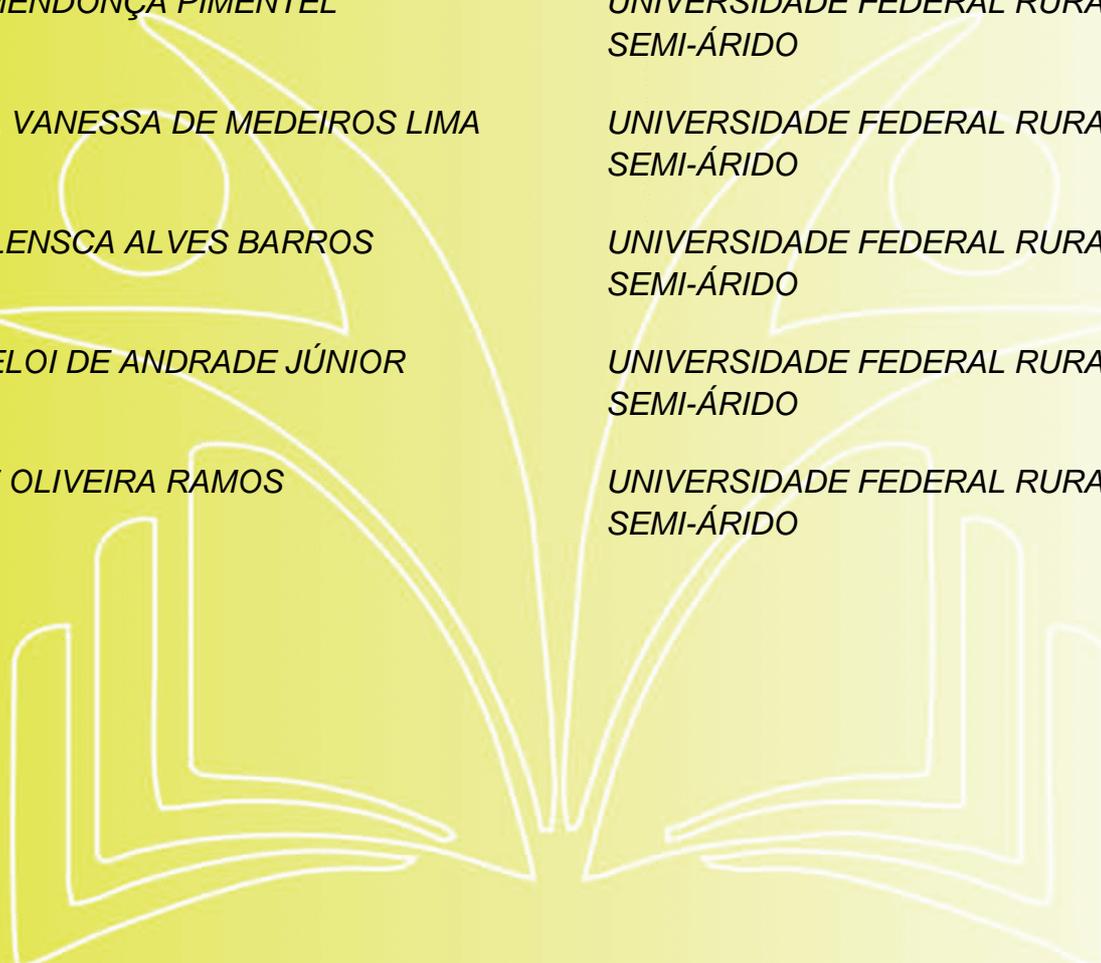
*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

TARCISIO ELOI DE ANDRADE JÚNIOR

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

SILEIDE DE OLIVEIRA RAMOS

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*



Resumo: No presente trabalho foram sintetizados perovskitas com composição $\text{LaAl}_{1-x}\text{Cr}_x\text{O}_3$ ($x=0;x=0,1$) pelo método da gelatina, no qual, utiliza a gelatina como direcionador orgânico. Os pós resultantes do processo de síntese foram calcinados a $800\text{ }^\circ\text{C}$ e a $1000\text{ }^\circ\text{C}$ para a obtenção da fase perovskita. Em seguida foram caracterizados por Análise Termogravimétrica, Difração de Raios-x e colorimetria. De acordo com os difratogramas de raios-x e do refinamento Rietveld, as perovskitas foram monofásicas, cristalinas e com estrutura perovskita tetragonal. Os pós com $x=0$ apresentaram coloração acinzentada, e os dopados com cromo, leves tons avermelhados. Os resultados indicaram a viabilidade da rota de síntese gelatina para obtenção de perovskitas pura e substituídas.

Palavras chave: Aluminatos, Dopagem, Gelatina.

INTRODUÇÃO

Os pigmentos cerâmicos, embora tenha sido descoberto há muito tempo, têm se tornado cada vez mais objeto de pesquisa em direção de descobrir novos tons e cores reprodutíveis, estáveis e que não agredam o meio ambiente. Nesse sentido, torna-se necessário o desenvolvimento de novos pigmentos e métodos de síntese que superem as desvantagens apresentadas pelo processo industrialmente consolidado como a reação no estado sólido [1].

Os pigmentos mais usados na indústria cerâmica são constituídos por óxidos de elementos de transição, os quais se caracterizam por apresentar os orbitais d incompletos, (geralmente V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni e Cu) alguns elementos do grupo dos lantanídeos cujo orbital f está incompleto (Ce, Pr, Nd, Sm) [2]. Contudo, há também introdução de outros elementos de transição com os orbitais completos para aumentar propriedades de condução magnética e aqueles que possuem propriedades luminescentes, como alumínio.

Os pigmentos cerâmicos com estrutura perovskita vem atraindo a atenção, uma vez que apresentam estabilidade térmica alta, insolubilidade na cobertura, resistência ao ataque por agentes químicos (ácidos e bases) e evita a formação de gases ou bolhas [3-4]. Dentre os óxidos com estrutura perovskita, o aluminato de lantânio vem sendo sintetizado para aplicação em célula combustível de óxido sólido [5]. Além disso, apresentam a propriedades termoluminescentes e fotoluminescentes [6]. Mais recentemente este material vem despertando potencial como pigmento para revestimento cerâmico [7].

Muitos métodos são propostos para a síntese de óxidos com estrutura perovskitas, tais como: o método Pechini [8], sol-gel [9], coprecipitação [10], entre outros. Neste trabalho, a rota de síntese foi empregada a rota de síntese que utiliza a gelatina como precursor orgânico. A gelatina tem várias cadeias de proteínas compostas de aminoácidos e estas podem se ligar a metais, por meio do efeito quelante formando sítios de coordenação a partir destas grandes cadeias por elas constituídas [11]. Essa rota apresenta a vantagem da gelatina ser um material de baixo custo e atóxico revelando-se como processo alternativo à obtenção de nanopartículas [12-13].

Diante disso, o presente trabalho apresenta a síntese de perovskitas com composição $\text{LaAl}_{1-x}\text{Cr}_x\text{O}_3$ para uso como pigmento cerâmico. A influência da substituição do íon Al^{3+} por Cr^{3+} e da temperatura de calcinação na cor dos pós foram avaliados. Somando-se a isso, este trabalho pretende avaliar a

viabilidade da rota de síntese gelatina na preparação de pós nanométricos para posterior aplicação como pigmento cerâmico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para realização da síntese foram o nitrato de lantânio hexahidratado $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Sigma-Aldrich, 99%), nitrato de cromo nonahidratado $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (Vetec, 97%) e nitrato de alumínio nonahidratado $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (Vetec, 98%). A gelatina foi adquirida em uma farmácia de manipulação.

Síntese: para sintetizar o composto $\text{LaAl}_{1-x}\text{Cr}_x\text{O}_3$ pelo método gelatina, foi necessário adicionar a gelatina em um béquer contendo 150 ml de água deionizada sob agitação constante a 50 °C a fim de dissolvê-la. A dispersão permaneceu sob aquecimento até aproximadamente 70°C. Em seguida, foi acrescentado o nitrato de alumínio, nitrato de cromo (na formulação com dopagem) e, posteriormente, o nitrato de lantânio. A temperatura foi aumentada para 90 °C para evaporar a água e formar uma resina polimérica. A resina foi calcinada a 400 °C por 2 h com uma taxa de aquecimento de 10 °C/min para a remoção de da matéria orgânica. Então o material resultante foi calcinado por 4h, com taxa de aquecimento de 10 °C/min, nas temperaturas de 800°C e 1000 °C para obtenção da fase perovskita.

Caracterização; Os pós resultantes do processo calcinação foram caracterizados por: análise termogravimetria utilizando o equipamento TG-DTA STA 449 F3 Júpiter da NETZSCH em atmosfera de ar, com razão de aquecimento de 10°C/min; Difração de Raios-x usando o difratômetro modelo XRD-6000 da Shimadzu e Colorimetria usando o colorímetro Gretag Macbeth Color-eye 2180.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Curva Termogravimétrica do pó precursor do LaAlO_3 é mostrado na Figura 1. Essa perda de massa é atribuída a perda de umidade, evaporação de gases adsorvidos na superfície do material e a degradação da matéria orgânica, a qual está relacionada com a degradação dos aminoácidos que compõe a gelatina [7]. A decomposição total da matéria orgânica em alta temperatura ocorre devido a forte ligação entre os íons metálicos e os grupos funcionais da gelatina [11]

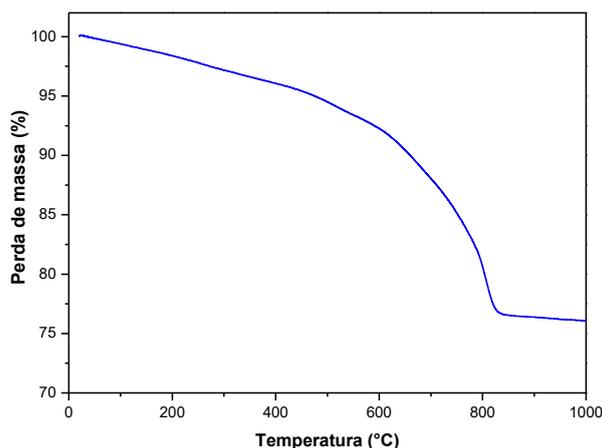


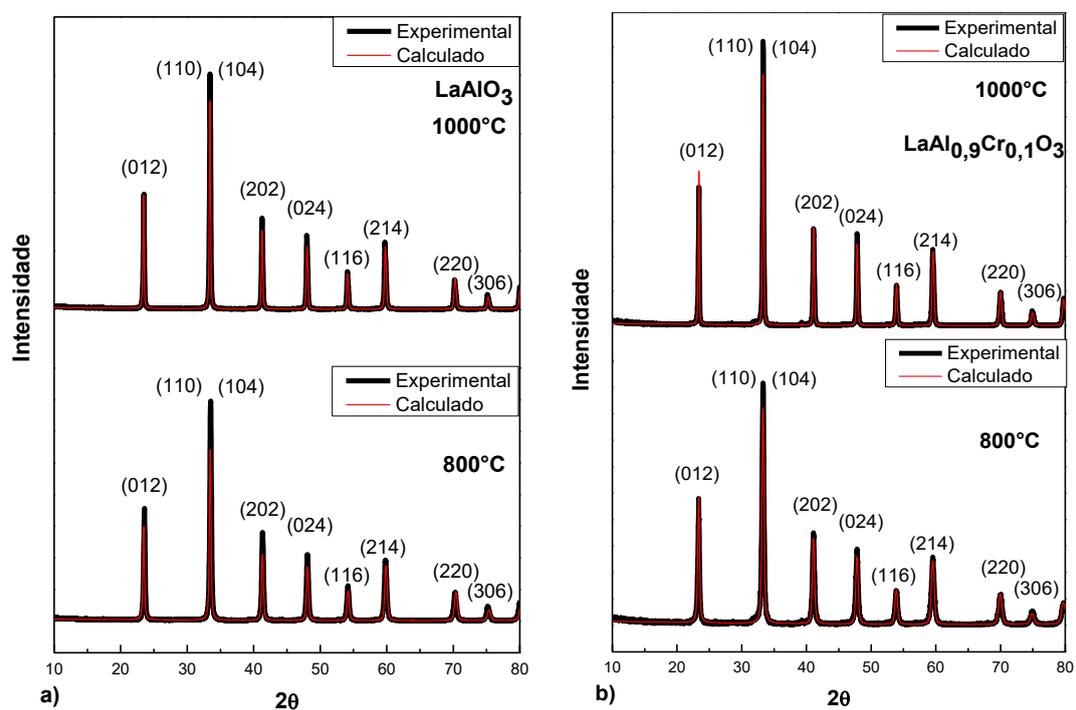
Figura 1 – Curva Termogravimétrica do LaAlO₃ calcinado a 400 °C

Os difratogramas de raios-x das amostras de aluminatos de lantânio dopado e puro nas temperaturas 800°C e 1000°C podem ser vistos na Figura 2. A identificação das fases deu-se por meio do Refinamento Rietveld [14] que revelou que os pós sintetizados apresentaram estrutura tipo perovskita, com simetria trigonal conforme constatada pela carta ICSD 92554. A semelhança dos difratogramas de raios-x nos pós puro e dopado, sugere que o Cr³⁺ incorporou nos sítios B do Al³⁺. Os pós sintetizados pela rota da gelatina foram monofásicos em ambas as temperaturas de calcinação, mostrando-se vantajoso para obtenção de aluminatos de lantânio. Villas-Bôas e Souza (2010) sintetizaram o aluminato de lantânio pelo método prensagem isostática a 1600°C/ 6 h, mas obtiveram pós com formação de fases secundárias. Já Alves e Faria (2013), conseguiram obter a fase perovskita do aluminato de lantânio somente a 1600°C e posteriormente 1770°C em atmosfera redutora na presença de grafite via reação do estado sólido.

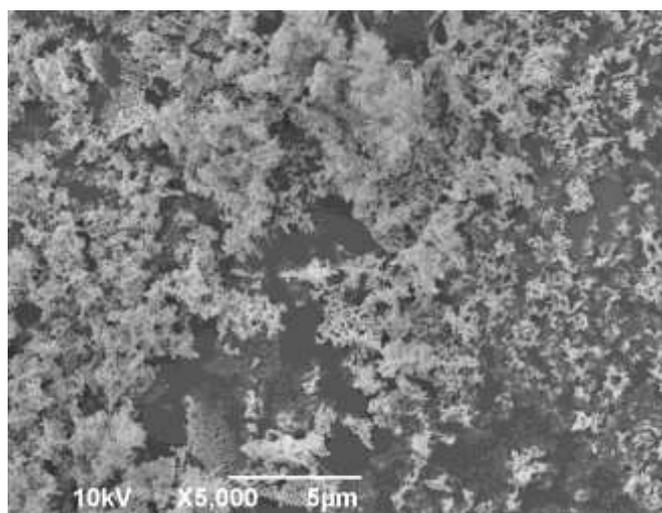
Os parâmetros de refinamento (parâmetro de rede, tamanho do cristalito, SIG) são mostradas na Tabela 1. Observa-se que o tamanho do cristalito aumentou conforme a temperatura de calcinação foi elevada variando entre 72,035 a 117,8 nm para o LaAlO₃ e 54 a 178,1nm para os pós com composição LaAl_{0,9}Cr_{0,1}O₃. O aumento deve-se ao fato da temperatura ser a força motriz que provoca o coalescência e o crescimento das partículas [16]. O valor de otimização do refinamento (SIG) apresentou-se dentro da margem de aceitação, variando entre 1,34 a 1,79 indicando que houve precisão no refinamento dos pós, uma vez que é considerado um bom refinamento com valor do SIG inferior a 2.

Tabela 1 – Parâmetros microestruturais

Amostras	Temperatura °C	Parâmetros de rede (Å)		Tamanho do Cristalito (nm)	SIG
		a	c		
LaAlO ₃	800	5,360	13,130	72,035	1,49
	1000	5,361	13,132	117,8	1,79
LaAl _{0,9} Cr _{0,1} O ₃	800	5,381	13,154	54,00	1,34
	1000	5,369	13,184	178,1	1,51


Figura 2 - Difratogramas de raios-x do a) LaAlO₃ e b) LaAl_{0,9}Cr_{0,1}O₃

(a)



(b)

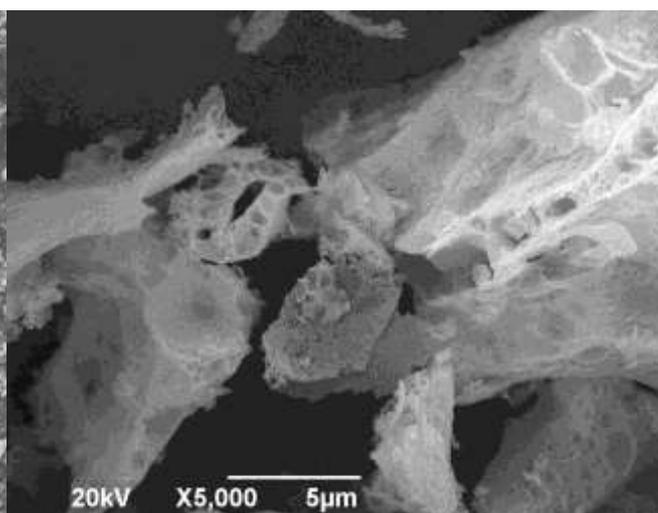


Figura 3 – Imagens MEV do LaAlO_3 calcinado a a) 1000 oC e b) 800 oC

A Tabela 2 apresenta as coordenadas CIEL*a*b* (Commission Internationale de l'Éclairage) dos pós calcinados nas duas temperaturas de calcinação. Neste método, L^* é o eixo da Luminosidade de preto (0) para branco (100), o parâmetro b^* varia de azul (-b) a amarelo (+b) e o parâmetro a^* varia de verde (-a) a vermelho (+a). Os valores de L^* são altos para o LaAlO_3 , indicando amostras claras. Já nos pós dopados com cromo, a presença do íon cromóforo, Cr^{3+} , deslocam as coordenadas CIEL*a*b* do aluminato de lantânio ($x=0$) para a região do vermelho. Além disso, observa-se um deslocamento da luminosidade para valores mais baixos com o aumento da temperatura de calcinação. Isso reflete numa coloração mais escura dos pós a temperaturas de calcinação mais altas. Este comportamento é observado em ambos os compostos e está relacionado com o aumento do tamanho do cristalito (Tabela 1) conforme aumenta a temperatura de calcinação. Como o cristalito aumenta, reduz a superfície de reflexão e, conseqüentemente, há uma redução na luminosidade [7].

Tabela 2 – Parâmetros colorimétricos

Amostra	Temperatura	L^*	a^*	b^*
LaAlO_3	800	87,41	0,00	1,11
	1000	84,25	0,73	2,44
$\text{LaAl}_{0,9}\text{Cr}_{0,1}\text{O}_3$	800	76,10	2,10	20,0
	1000	67,65	2,55	19,3

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos evidenciam que o método de síntese utilizado nesse trabalho é um processo viável para obtenção de perovskitas de aluminato de lantânio, monofásicas e nanométricas, apresentando-se como alternativa as rotas tradicionais, uma vez que pela simplicidade, o método pode ser aplicado em escala industrial. Os aluminatos apresentaram colorações acinzentadas à avermelhada em função da substituição intersticial do sítio B, onde parte do Al^{3+} foi substituída por Cr^{3+} , contribuindo para a reflexão da cor e conseqüentemente, apresentando um deslocamento para o vermelho. Foi identificado também que em função do aumento da temperatura de calcinação os pós apresentaram cores mais escuras.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPQ (processo 473646/2012-9) pelo suporte financeiro à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] K.P. Lopes. Desenvolvimento de pigmentos manométricos encapsulados. 2004. 77f. Dissertação (mestrado em química) – Universidade Federal São Carlos, São Carlos, 2005.
- [2] W. D. Kingery, H. K. Bowen, D. R. Uhlmann. Introduction to Ceramics, John Wiley & Sons, New York, 1976.
- [3] A. Spinelli, P.N. Oliveira, A.C. Paskocimas, Síntese de pigmento cerâmico de óxido de ferro encapsulado em sílica amorfa para aplicações cerâmicas a altas temperaturas (1100-1200°C). Cerâmica industrial, v.8, n.1, p.46-50, janeiro/fevereiro. 2003.
- [4] S. Furukawa, T. Masui, N. Imanaka, Synthesis of new environment-friendly yellow pigments, J. Alloys Compd. 418, 2006, 255.
- [5] L.A. Villas-Bôas, D.P.F. Souza, Efeito da co-dopagem com Pr e Mn nas propriedades elétricas de Sr-LaAlO₃, Matéria, Rio de Janeiro, 2010, vol.15, no 1, pp.1-11. ISSN 1517-7076.
- [6] V.H. Oliveira, Estudo da luminescência do material LaAlO₃ dopado com íons trivalentes opticamente ativos para aplicação em dosimetria das radiações gama e UV, 2011, 80 f, Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Matérias, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, 2011.
- [7] P.M. Pimentel, S.V.M. Lima, A.F. Costa, M.S.C. Câmara, J.D.C. Carregosa, R.M.P.B. Oliveira, Gelatin synthesis and color properties of (La, Pr, Nd) lanthanide aluminates, Ceramics International 43 (2017) 6592–6596.
- [8] M.P. Pechini, Method of preparing lead and alkaline earth titanates and niobates and coating methods using the same to form a capacitor, U.S. Patent 3.330.697, 1967.
- [9] S. Bliger, G. Blab, R. Förthmann, Sol–gel synthesis of lanthanum chromite powder. J. Eur. Ceram. Soc., 1997, 17, 1027–1031.
- [10] M. R. De Guire, S. E. Dorris, R. B. Poeppel, S. Morissette, U. Balachandran, Coprecipitation synthesis of doped lanthanum chromite. J. Mater. Res., 1993, 8, 2327–2334.
- [11] F.S. Oliveira, P.M. Pimentel, R.M.P.B. Oliveira, D.M.A. Melo, M.A.F. Melo, Effect of lanthanum replacement by strontium in lanthanum nickelate crystals synthesized using gelatin as organic precursor, Materials Letter 64 (2010) 2700-2703.
- [12] H. B. Narje's, D. Pierre, B. Habib, "Physicochemical and catalytic properties in methane combustion of La_{1-x}CaxMnO_{3-y} (0 ≤ x ≤ 1; 0.04 ≤ y ≤ 0.24) perovskite-type oxide", Appl. Catalysis A: General 282 (2005) 173-180.
- [13] A.S. Menezes, C.M.R. Remédios, J.M. Sasaki, L.R.D. Silva, J.C. Góes, P.M. Jardim, M.A.R. Miranda, Sintering of nanoparticles of α-Fe₂O₃ using gelatin, J. Non-Cryst. Solids 353, 2007, 1091-1094.
- [14] H. M. Rietveld, A profile refinement method for nuclear and magnetic structures. Journal of Applied Crystallography, v. 2, p. 65-71, 1969.

[15] N. Alves, L.O. Faria, Investigação das propriedades termoluminescentes do aluminato de lantânio (LaAlO_3) dopado com carbono para aplicação em dosimetria das radiações. IX Latin American IRPA Regional Congress on Radiation Protection and Safety - IRPA 2013, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, 2013.

[16] A. F. Costa, P.M. Pimentel, D.M.A. Melo, M. A. F. Melo, F. M. Aquino, Síntese e caracterização de espinélios à base de ferritas com gelatina como agente direcionador. Cerâmica, Natal, v. 57, p. 352-355, 2011.

Capítulo 43



10.37423/210504191

TECNICAS DE CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DIRECIONADAS À GEOLOGIA APLICADA À ENGENHARIA

SAMEA VALENSCA ALVES BARROS

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

GERBESON CARLOS BATISTA DANTAS

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

MARIA DE LOURDES XAVIER DE FRANÇA NETA

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

PATRÍCIA MENDONÇA PIMENTEL

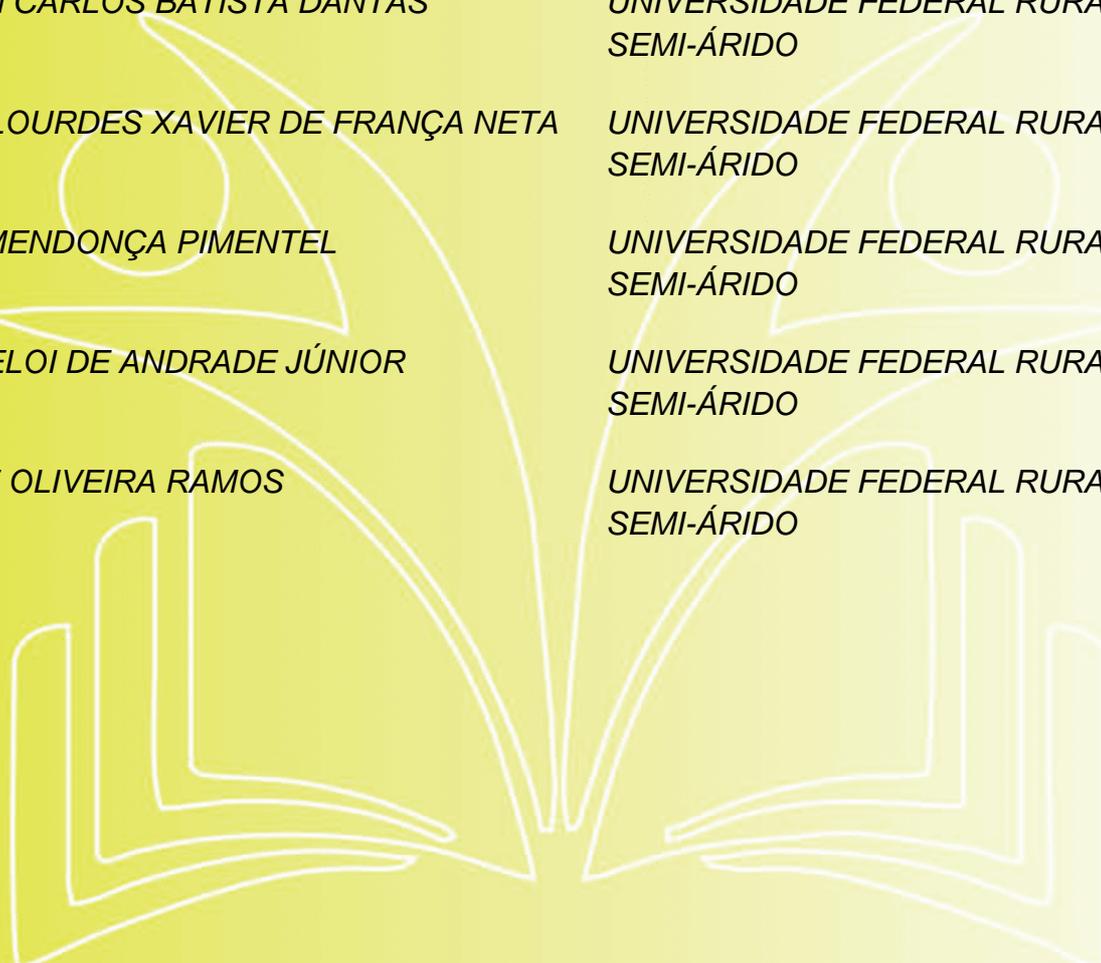
*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

TARCISIO ELOI DE ANDRADE JÚNIOR

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*

SILEIDE DE OLIVEIRA RAMOS

*UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO
SEMI-ÁRIDO*



Resumo: A disciplina Geologia Aplicada à Engenharia presente na matriz curricular dos cursos de Engenharia deve fazer uso das técnicas de caracterização dos materiais como instrumentos para estimular o desenvolvimento de pesquisas que gerem materiais alternativos para atender as demandas da construção civil. Gomes (2015) e Mansur (2005) afirmam que a caracterização dos materiais ocorre fazendo uso de técnicas instrumentais de análise, buscando à compreensão de diferentes aspectos relacionados à composição e estrutura dos materiais. Essas técnicas estão vinculadas ao entendimento do comportamento dos materiais quanto as suas propriedades químicas e mecânicas, que irão fornecer informações sobre a durabilidade desses. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar o agregado oriundo dos resíduos sólidos gerados nos processos de extração e beneficiamento das rochas de quartzito no município de Várzea/PB. A caracterização química-mineralógica foi realizada por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX), e espectrometria de fluorescência de raios X (EDX) e difração de raios X (DRX). Enquanto, a caracterização física pela análise granulométrica por peneiramento, seguindo os procedimentos da NBR NM 248/2001. Os resultados obtidos na caracterização física, química e mineralógica comprovam que o agregado oriundo dos resíduos de quartzito possui potencial para gerar argamassas com propriedades satisfatórias, em conformidade com as normas técnicas.

Palavras chave: Técnicas de caracterização, agregado, resíduos de rochas ornamentais.

INTRODUÇÃO

A geologia aplicada à engenharia é compreendida como a disciplina presente na matriz curricular dos cursos de Engenharia que proporciona os conhecimentos necessários para desenvolver a capacidade de vencer “através dos olhos” da geologia os desafios impostos pela engenharia. Pois, seus estudos também abrangem a caracterização de todos os materiais existentes na superfície da terra envolvidos em construção, recuperação de recursos e alterações ambientais [1-3].

Nesse contexto, verifica-se que as rochas são usadas na construção civil desde as civilizações mais antigas, em barramentos, base de rodovias, revestimento, pisos, como agregado graúdo (brita) e recentemente os resíduos resultantes dos processos de extração e beneficiamento das rochas ornamentais passam por processos que permitem serem reutilizados como agregado miúdo para confecção de argamassas. A história da geologia aplicada à engenharia é dividida em três fases, sendo a terceira fase marcada pela preocupação ambiental [1].

Nessa fase, ocorre a preocupação em tornar o setor da construção civil sustentável tanto no aspecto de desenvolver projetos que causem o menor impacto ambiental (reduzindo as alterações nas formas do relevo, minimizando os cortes nos taludes naturais) quanto de promover soluções que consigam promover a destinação adequada dos resíduos sólidos gerados no desenvolvimento de suas atividades.

Um dos assuntos abordados pela geologia aplicada à engenharia é rochas ornamentais, estudando sua origem, características e propriedades. Porém, quando consegue abranger não só esses aspectos como também abordar as técnicas de caracterização se consegue estimular o desenvolvimento de pesquisas que gerem materiais alternativos para atender as demandas da construção civil e encontrar soluções para minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos resíduos na natureza.

Promover a adequada gestão dos resíduos gerados nos processos de extração e comercialização das rochas ornamentais é um fator de grande relevância tecnológica, ambiental e econômica nos dias atuais [4-7]. As rochas ornamentais recebem essa denominação porque são utilizadas em revestimentos de pisos e de fachadas por possuírem propriedades como estética e facilidade de extração em blocos. Os principais tipos são: granitos; mármore; quartzitos; silexitos, etc.[8].

O interesse pelo domínio das técnicas de caracterização de materiais é crescente, em decorrência da necessidade de obter novos materiais com comportamento adequado, atestado pelos resultados

obtidos na caracterização micro estrutural. Essa consiste em determinar a composição química, tamanho das partículas, propriedades físicas entre outras características [9-11].

Nesse sentido, percebe-se que o desenvolvimento das técnicas de reutilização surge a partir do conhecimento adequado desses resíduos, que acontece quando se realiza a caracterização dos mesmos. Logo, a geologia aplicada à engenharia pode iniciar a disseminação desse conhecimento quando associa a aplicação das rochas na construção civil, que geram em algumas delas resíduos, as técnicas de caracterização, e conseqüentemente, desperta o interesse pela pesquisa na área do desenvolvimento de materiais alternativos para atender as várias demandas.

Em conformidade com os aspectos levantados, a presente pesquisa teve como objetivo caracterizar o agregado oriundo das aparas geradas nos processos de extração e beneficiamento das rochas de quartzito (rochas ornamentais) no município de Várzea/PB.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

A matéria-prima alternativa utilizada nesta pesquisa foi aparas de rochas de quartzito já beneficiadas na forma de areia (agregado reciclado), denominada de AQ e cedida pela TECQUÍMICA instalada no município de Várzea/PB.

Coleta da matéria-prima

A coleta da AQ aconteceu no município de Várzea/PB, na TECQUÍMICA localizada no distrito industrial deste município, sendo coletado 200 Kg de areia originada das aparas de quartzito através dos processos de britagem; moagem e peneiramento pela empresa citada, para manter as propriedades da matéria-prima alternativa a mesma foi colocada em sacos plásticos identificados e devidamente lacrados para serem transportadas para o Laboratório de Materiais Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, campus Angicos.

MÉTODOS

Caracterização física

A caracterização física foi realizada com a determinação dos seguintes parâmetros: massa específica real, massa unitária, área específica pelo método de Blaine, teor de material pulverulento e granulometria por peneiramento.

A determinação da massa específica real e análise granulométrica da amostra foram realizadas conforme descrito nas normas [12;13].

Caracterização química-mineralógica

A composição química do material foi determinada por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX). Enquanto, a análise química foi realizada através de espectrometria de fluorescência de raios X (EDX), com detector EDS (Shimadzu EDX 720) para obter os óxidos presentes na composição da amostra.

A caracterização mineralógica ocorreu utilizando a difração de raios X (DRX) que consiste em uma análise qualitativa capaz de identificar as fases mineralógicas presentes na amostra. Para esta análise, as amostras são colocadas em porta amostra de alumínio e depois no Difractômetro Shimadzu XRD-6000 com radiação $\text{CuK}\alpha$, tensão de 40kV, corrente de 30mA, modo de escaneamento por passos (fixed time scan), com passo de 0,02 e tempo de contagem de 0,6s, com ângulo 2θ percorrido de 5° a 60° .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propriedades físicas da AQ utilizada nesta pesquisa são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades físicas da areia de quartzito

Ensaio	AQ	Limites
Massa específica real (g/cm^3)	2,67	-
Massa unitária ou aparente (g/cm^3)	1,33	-
Teor de materiais pulverulentos (%)	1,06	-
Superfície específica (Blaine) (cm^2/g)	-	≥ 2600

Analisando os resultados contidos na Tabela 1, verifica-se que AQ em relação a massa unitária é classificada como agregado normal por apresentar valor que fica no intervalo $1 \leq \gamma \leq 2 \text{ g}/\text{cm}^3$. Característica favorável a utilização desse agregado reciclado na obtenção de argamassas, de acordo com os estudos de Bauer [14]. Em relação a massa específica observa-se que os valores encontrados estão de acordo com os da literatura que é na ordem de $2,6 \text{ g}/\text{cm}^3$.

O teor de material pulverulento encontrado foi 1,06%, valor que permite afirmar que a AQ apresenta poucos finos, não prejudicando desta forma a quantidade de água a ser utilizada para obtenção da consistência adequada, pois o aumento da quantidade de água intensificaria a retração e diminuiria a resistência de argamassas.

A Figura 1 ilustra a distribuição granulométrica obtida para areia de quartzito estudada neste trabalho.

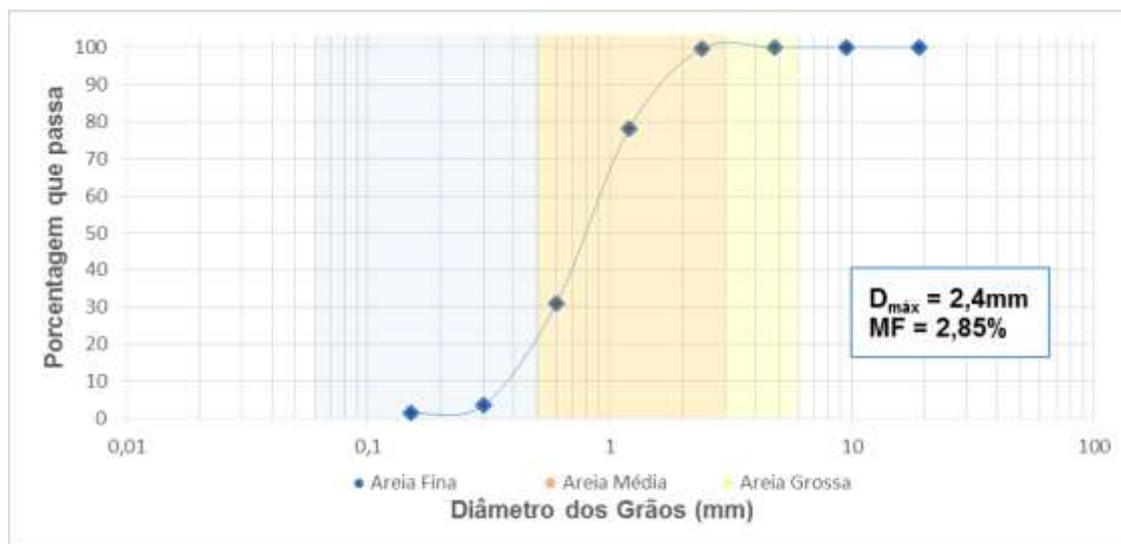


Figura 1 - Distribuição granulométrica da areia de quartzito

Percebe-se que esta areia apresenta uma distribuição contínua de tamanho de partículas e módulo de finura de 2,85%, segundo especificações da norma [15] pode ser classificada como areia de granulometria média, ou seja, pode ser utilizada na confecção de argamassa.

Na Tabela 2, encontra-se a composição química da areia de quartzito. Os valores da Tabela 2 mostram que a AQ apresenta teores elevados de sílica (67,50%) e de alumina (17,28%), baixos teores de MgO (1,62%) e CaO (1,20%). Os valores encontrados na composição química da AQ foram similares aos encontrados por Carreiro [16].

Tabela 2 – Composição química dos resíduos de quartzito

Componentes químicos (%)	AQ
SiO ₂	67,50
Al ₂ O ₃	17,28
K ₂ O	7,22
Fe ₂ O ₃	2,20
MgO	1,62
CaO	1,20
S03	0,36

BaO	0,21
Perda ao fogo	1,997

A Figura 2 ilustra os resultados da curva de raios X da AQ utilizada nesta pesquisa.

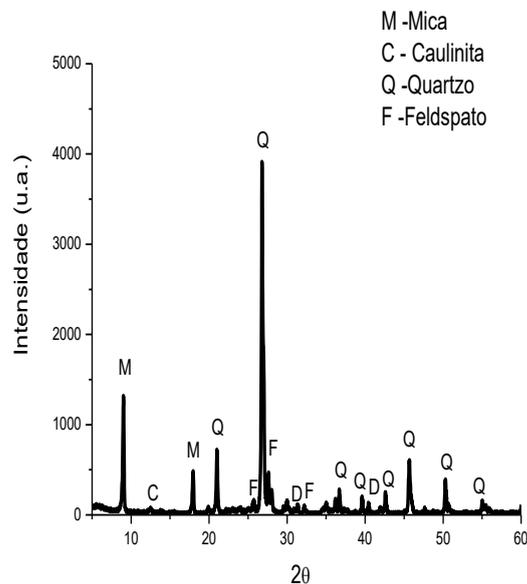


Figura 2 – Curva de DRX da areia de quartzito

Analisando o resultado obtido no difratograma da Figura 2, verifica-se que a AQ apresenta as seguintes fases mineralógicas: quartzo(SiO_2 , JCPDS file: 46-1045); caulinita($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, JCPDS file: 14-0164); feldspato (KSi_3AlO_3 , JCPDS file:84-0710), mica ($\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, JCPDS file:83-1808) e dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, JCPDS file: 36-046). Esse resultado assemelha-se ao encontrado por Souza [17].

Percebe-se conforme os resultados obtidos na caracterização física e química-mineralógica da areia de quartzito oriunda da aparas resultantes da extração e beneficiamento das rochas de quartzito visando sua comercialização que a mesma pode ser classificada como agregado normal com características favoráveis ao seu uso na confecção de argamassas, porém se deve fazer análises quanto aos ataques químicos em meios agressivos. A medida que argamassas utilizadas em meios considerados agressivos demandam agregados não reativos com os elementos químicos existentes nesses meios.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nessa pesquisa pode-se concluir que:

- Os professores da disciplina geologia aplicada à engenharia nos cursos de Engenharia assumem um papel importante quando conseguem fazer a associação dos assuntos abordados na disciplina (a exemplo das rochas e solos) com as técnicas de caracterização dos materiais no processo de estimular o desenvolvimento de pesquisas que gerem materiais alternativos, contribuindo para gestão adequada dos resíduos sólidos gerados nos diversos processos produtivos e que são vinculados aos assuntos por ela abordado.
- A areia de quartzito foi classificada em função das propriedades físicas, determinadas conforme as especificações técnicas, em areia artificial de granulometria média; areia de γ normal e com baixo teor de material pulverulento. Logo, em função das propriedades apresentadas a mesma é indicada para confecção de argamassas.
- Quanto a composição química-mineralógica ocorre a presença do óxido de ferro e de magnésio em teores abaixo da normalização (3%), provavelmente resultam da mica presente em sua composição.
- Importante continuar investigações sobre esse agregado gerado das aparas de quartzito para que se possa estimular seu uso na confecção de argamassas e em outros usos na construção civil.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a AAMEG UFERSA pela cessão de bolsa ao primeiro autor e pelo suporte econômico à pesquisa. Aos coordenadores do Laboratório de Tecnologia dos Materiais da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – PB pela parceria estabelecida que permitiu a obtenção de análises importantes para obtenção dos resultados dessa pesquisa

REFERÊNCIAS

- [1] MACIEL FILHO, C.L.; NUMMER, A.V. Introdução à geologia de engenharia. 4.ed. Santa Maria, RS: UFSM, 2011. 390 p.
- [2] CHIOSSI, N. J. Geologia de engenharia. 3.ed. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 424p.
- [3] GUSMÃO FILHO, J. De A. Solos: da formação geológica ao uso na engenharia. 2. ed. Recife: UFPE, 2008. 185p.
- [4] TORRES, P.; FERNANDES, H. R.; OLHERO, S.; FERREIRA, J. M. F, Incorporation of wastes from granite rock cutting and polishing industries to produce roof tiles. Journal of the European Ceramic Society. V. 29, p. 23-30, 2009.
- [5] BACARJI, E.; TOLEDO FILHO, R. D.; KOENDERS, E. A. B; FIGUEIREDO, E. P.; LOPES, J. L. M. P., Sustainability perspective of marble and granite residues as concrete fillers, Construction and Building Materials. V. 45, p. 1-10, 2013.
- [6] ANDRÉ, A.; BRITO, J.; ROSA, A.; PEDRO, D., Durability performance of concrete incorporating coarse aggregates from marble industry waste, Journal of Cleaner Production, V. 65, p. 389-396, 2014.
- [7] TENNICH, M.; KALLEL, A.; OUEZDOU, M. B., Incorporation of fillers from marble and tile wastes in the composition of self-compacting concretes. Construction and Building Materials. V. 91, p. 65 -67, 2015.
- [8] BARROS, S. V. A.; NEVES, G. A.; MENEZES, R. R. Durabilidade de argamassas confeccionadas com resíduos de quartzito. Estudo da viabilidade técnica de agregados oriundos de resíduos do beneficiamento de rochas de quartzito em argamassas. 1. ed. Saoubrucken, Deutschland/Nienc: Novas Edições Acadêmicas, 2017. v. 1. 124p.
- [9] BEZERRA, M. S. Relatório Técnico do Perfil do Setor mineral do Nordeste e análise das possibilidades de incremento da atividade mineral na região. Nº 81, 65p., 2009.
- [10] MANSUR, H. S.; PEREIRA, M.; ORÉFICE, R. Técnicas de Caracterização de Materiais. In: Rodrigo Oréfica; Herman Mansur; Marivalda Pereira. (Org.). BIOMATERIAIS: FUNDAMENTOS E APLICAÇÃO. 1ed. Rio de Janeiro: Editora Cultura Médica, 2005, v. 1, p. 185-236.
- [11] GOMES, P. B. Caracterização de materiais: uma abordagem das possibilidades de algumas técnicas instrumentais. 2015. 135 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Coordenadoria do Curso de Química, Universidade Federal de São João Del-rei, São João Del-rei, 2015. Cap. 11.
- [12] ABNT, NBR 6474: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1998.
- [13] ABNT, NBR NM 248: Determinação de composição granulométrica dos agregados. Rio de Janeiro, 2001.
- [14] BAUER, L. A. F. Materiais de construção. Volume 1. 5ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 1995.
- [15] ABNT, NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

[16] CARREIRO, M. E. A.; SANTOS, R. C.; SILVA, V. J.; LIRA, H. L.; NEVES, G. A.; MENEZES, R. R.; SANTANA, L. N. L. Resíduo de quartzito - matéria-prima alternativa para uso em massas de cerâmica estrutural. *Cerâmica*. V. 62, p. 170 -178, 2016.

[17] SOUZA, M. M.; FELIPE, L. C. O. ; VIERA, E. V.; NEVES, G. A.; SOUZA, J. B. M. Caracterização Tecnológica de Resíduos de Quartzitos da Paraíba e Rio Grande do Norte Visando seu Aproveitamento na Indústria Cerâmica. *Anais do 56º Congresso Brasileiro de Cerâmica*, Porto de Galinhas - PE, 2011.

Capítulo 44



10.37423/210504193

USO DE FILITO COMO AGREGADO MIÚDO NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA

André Fontebassi Amorim Silva

Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM

Jéssica da Silva Coelho

Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM

Jéssica Laila Rodrigues de Sousa

Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM

Célio Adriano Lopes

Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM



1. INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) a argamassa usada como revestimento pode ser entendida como a proteção de uma superfície porosa com uma ou mais camadas superpostas, com espessura normalmente uniforme, resultando em uma superfície apta a receber de maneira adequada uma decoração final.

A ABCP cita que a argamassa tem como materiais constituintes o Cimento Portland, que possui propriedade aglomerante, e proporciona resistência mecânica, além de contribuir para a retenção da água da mistura e para a plasticidade. A água confere continuidade à mistura, permitindo a ocorrência das reações entre os diversos componentes, sendo regulada pelo construtor para adequar a trabalhabilidade. Os agregados miúdos utilizados na preparação de argamassas podem ser originários de rios, cava ou britagem.

A NBR 13529 (ABNT,1995) descreve o filito como “rocha constituída por quartzo, caulinita e mica moscovita finamente dividida ou sericita, de modo geral friável, com baixo resíduo em peneira de 0,075 mm de abertura”. A utilização do filito se dá principalmente na indústria cerâmica, por se comportar como fundente cerâmico com propriedades refratárias, possibilitando a substituição dos caulins, por um material de menor valor. Melo e Thaumaturgo (2012) entendem que o filito tem baixo valor agregado, pois seu beneficiamento exige apenas moagem, facilitada pela textura granulo plástica da rocha, que permite pulverizá-la fornecendo um pó finíssimo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A execução dos experimentos ocorreu no laboratório de Tecnologia dos Materiais de Construção do Centro Universitário de Patos de Minas. Os trabalhos tiveram início com a produção de três misturas de argamassa, utilizando o traço em volume 1:4 (cimento: agregado), diferenciadas da seguinte forma: Porção I: 500 ml de cimento, 2000 ml de areia saibrosa, e 535 ml de água; Porção II: 500 ml de cimento, 2000 ml de areia e 645 ml de água; Porção III: 500 ml de cimento, 1000 ml de areia, 1000 ml de filito, e 1675 ml de água.

Foi realizado então o Ensaio de Consistência conforme a NBR 13276/2005, por onde foi medida a quantidade de água necessária para as misturas adquirirem a mesma trabalhabilidade. Nesse ensaio as porções de argamassa foram colocadas em molde tronco Cônico sobre mesa úmida específica para o ensaio, em três camadas, aplicando 15, 10 e 5 golpes respectivamente. Em seguida a argamassa foi

rasada com régua, o molde foi retirado, e foram aplicados 30 giros na manivela da mesa em 30 segundos.

Também foi realizado o Ensaio de Retenção de água conforme a NBR 13277/2005. Portando a argamassa foi colocada em um reservatório de sucção, onde foi medida a massa do reservatório vazio, do reservatório com argamassa antes da sucção, e do reservatório com argamassa após a sucção.

Além disso, foi realizado o Ensaio de Massa específica conforme a NBR 13278/2005. Foi medido a massa e volume de um recipiente e adicionado as porções de argamassa a este, em três camadas, com execução de 20 golpes em cada. Após cobertura total a borda do tubo foi rasada com régua, toda a sua superfície exterior foi limpa com esponja e foi medida a sua massa.

Por fim foi realizado os ensaios de compressão e flexão conforme a NBR 13279/2005. Foram moldados três corpos de prova prismáticos de cada porção de argamassa com dimensões 4cm x 4cm x 16 cm espalhando-se a argamassa em cada compartimento do molde, formando uma camada uniforme. São aplicadas 30 quedas através da mesa de adensamento e então são introduzidas as segunda e terceira aplicando-se a mesma quantidade de golpes em cada uma. Os corpos de prova foram desenformados em 24 horas e rompidos em aparelho de compressão após cura em 28 dias em local úmido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da NBR 13276/2005 foi realizado o ensaio de Consistência para cada uma das argamassas, onde foram encontrados os resultados abaixo:

- Porção I: 297,28 mm – uso de 535 ml de água
- Porção II: 299,18 mm – uso de 645 ml de água
- Porção III: 291,78 mm – uso de 1675 ml de água

A partir disso foi realizado o ensaio para retenção de água de acordo com a seção 5 da NBR 13277/2005. Os resultados obtidos se encontram na tabela 1.

Tabela 1– Resultados para Retenção de Água

Variável	Porção I	Porção II	Porção III
Massa de água	535g	645g	1675g
Massa dos componentes	5954,5g	5794,5g	4188,95g
m _{água}	32,2 g	83 g	79,9 g
m _{argamassa}	1266,6 g	1207,4 g	989,01 g
AF	0,082	0,112	0,324
Ra	69%	39%	75%

Fonte: Dados do trabalho

Em seguida foi realizado o ensaio de massa específica para cada uma das argamassas, esses resultados estão descritos abaixo:

- Porção I: 2066,4 Kg/m³
- Porção II: 1972,7 Kg/m³
- Porção III: 1721,5 Kg/m³

O cálculo do teor de ar incorporado foi realizado de acordo com a NBR 13278/2005, onde os valores encontrados estão dispostos abaixo:

- Porção I: 3,43%
- Porção II: 3,62%
- Porção III: 22,52%

Os resultados para ensaio de flexão e compressão das argamassas estão expostos nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Resistência à Flexão

Resistência à Tração na Flexão (MPa)			
Nº corpo de prova	Argamassa com Saibro	Argamassa com Cimento e Areia	Argamassa com Filito
CP 1	0,35*	1,66	0,42
CP 2	3,15	1,98	0,42
CP 3	3,2	1,95	0,3
Média	2,234	1,863	0,3785

Fonte: Dados do trabalho

Conforme consta na NBR 13279, como o desvio absoluto máximo foi superior à 0,3 no corpo de prova de número 1 da argamassa com saibro, esse valor foi desconsiderado, foi então realizado uma nova média para os valores restantes, sendo encontrado a média de 3,175 MPa de resistência.

Tabela 3- Resistência à compressão

Resistência à Compressão (MPa)			
Nº corpo de prova	Argamassa com Saibro	Argamassa com Cimento e Areia	Argamassa com Filito
CP 1	12,46*	5,7	2,31
CP 2	15,81	4,93	2,32
CP 3	14,25*	5,46	2,65
CP 4	15,86	4,45*	2,29
CP 5	16	5,6	1,97
CP 6	14,83	4,85	2,64
Média	14,87	5,165	2,365

Fonte: Dados do trabalho

De acordo com a NBR 13279, o desvio absoluto máximo foi superior à 0,5 nos corpos de prova de números 1 e 3, esses valores foram desconsiderados, foi então realizado uma nova média com os valores restantes, tendo como resultado 15,625 MPa de resistência. O mesmo ocorreu com o corpo de prova de número 4 da argamassa com cimento e areia, onde foi encontrado a média de 5,31 MPa de resistência.

A argamassa referente à porção III apresentou maior valor de retenção de água e por isso sofreu uma cura mais gradativa. Essa porção também apresentou menor densidade de massa e maior teor de ar incorporado fazendo com que seja mais trabalhável e de mais fácil aplicação. Foi observada uma maior plasticidade e aderência na produção das porções de argamassa I e III, sendo que porção II apresentou bastante dificuldade na trabalhabilidade.

A partir dos ensaios mecânicos realizados nota-se que tanto para os ensaios de compressão quanto para os de flexão (tração) a argamassa produzida com saibro obteve maior resistência, seguida pela areia e por último o filito, porém todas ultrapassam a tensão mínima de 1,5 MPa exigida para compressão em argamassas, segundo a página online “Alvenaria Estrutural” criada pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

4. CONCLUSÕES

- (i) A argamassa produzida com adição de filito possui melhor trabalhabilidade;
- (ii) A argamassa produzida com adição de filito apresentou maior retenção de água, e por isso as partículas de cimento são hidratadas com maior eficiência;
- (iii) A argamassa produzida com filito apresentou menor resistência a compressão e flexão, mas esse não é fator determinante para obras de alvenaria de vedação e revestimento.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 13529/1995 - Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas. 8p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13276/2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. 3p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13277/2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água. 3p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13278/2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. 4p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13279/2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. 9p.

Associação Brasileira de Cimento Portland. Manual de Revestimentos de Argamassa.

CORDEIRO, G. C. Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto. Tese de Doutorado. COPPE/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

LIMA, S. A. Análise de Argamassas Confeccionadas Com a Cinza do Bagaço da Cana-de-Açúcar em Substituição ao Agregado Miúdo. Revista Tecnológica, v. 18, p. 87-97, 2009.

MELO, Lis Guimarães de Azeredo; THAUMATURGO, Clelio. Filito: Um material estratégico para

fabricação de novos cimentos. Revista Militar de Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, v. 29, p.10-24, jun. 2012. Disponível em:

<http://rmct.ime.eb.br/arquivos/RMCT_2_tri_2012/RMCT_062_E4B_11.pdf>. Acesso em: 23, agosto, 2016.

OLIVEIRA, M. P. Conferência Brasileira de Materiais e Tecnologias Não-Convencionais: Habitação e infraestrutura de interesse social Brasil – NOCMAT 2004. Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

UFRGS. Alvenaria Estrutural. Disponível em: < http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/alvenaria-estrutural/propriedades_de_argamassa.php. > Acesso em 22, agosto, 2016.

Capítulo 45



10.37423/210504198

REVESTIMENTOS POLIMÉRICOS UTILIZADOS NO COMBATE À CORROSÃO EM AÇOS

Juliana de Figueiredo Lima

*Universidade Federal do Sul e Sudeste do
Pará*

Eudésio Oliveira Vilar

Universidade Federal de Campina Grande



Resumo: Um dos maiores problemas causados pela exposição indevida do aço ao ambiente é a corrosão. A corrosão é a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos. A função do revestimento orgânico polimérico é separar fisicamente a estrutura metálica dos ambientes corrosivos interno e externo, ou seja, atuar como barreira para evitar contato do substrato metálico com o meio corrosivo. Este estudo constitui uma revisão bibliográfica de caráter analítico qualitativo a respeito do que hoje é resquizado sobre revestimentos poliméricos em aços com o objetivo principal de combate à corrosão desses materiais. Notou-se que boa parte das pesquisas, direcionava-se com mais ênfase aos revestimentos com base nas resinas. No que diz respeito às resinas epoxídicas, notou-se que há poucos trabalhos que realizaram estudos utilizando aditivos que transformam esses materiais em polímeros condutores como revestimento em aços.

Palavras-chave: aços; corrosão; revestimento polimérico; epóxi.

INTRODUÇÃO

Metais, na forma pura ou em ligas, são usados intensamente nos vários ramos da indústria moderna, tais como aeroespacial, biomédica, semicondutores, eletrônica, energia, construção civil e transportes (SMITH e HASHEMI, 2012).

Segundo Colpaert (2008), vários fatores contribuem para a importância que o aço tem entre os materiais industriais: a abundância do ferro encontrado na forma de minérios na crosta terrestre, o custo relativamente baixo de produção atingido nas usinas modernas e as notáveis combinações de propriedades físicas e mecânicas possíveis, são alguns dos fatores classicamente importantes. Atualmente os aços são especialmente valorizados, também pela facilidade de serem reciclados e pelo consumo específico de energia relativamente baixo em sua produção, o que o faz ser considerado um material com baixo impacto ambiental.

A corrosão é a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos. Como consequência da interação entre o material e o meio originam-se alterações prejudiciais indesejáveis que tornam o material inadequado para o uso Gentil, (2003). De acordo com a ABRACO (Associação Brasileira de Corrosão), o custo da corrosão no Brasil é estimado em 3% do PIB (Produto Interno Bruto) que representa por volta de 15 bilhões de dólares (US\$15 Bilhões) anualmente (ABRACO). Nos Estados Unidos o valor é ainda superior por volta de 5% do PIB americano, que corresponde a 50 bilhões de dólares (US\$50 bilhões) anualmente.

Os gastos com corrosão ainda podem ser divididos em duas formas, perdas diretas e indiretas. As perdas diretas são os custos associados a substituição ou manutenção de peças e equipamentos que passaram por um processo de corrosão. As perdas indiretas, são mais difíceis de serem calculadas uma vez que existem muitas formas que a corrosão pode nos afetar, como vazamentos em tubos ou contêineres metálicos, entre outros exemplos que podem ser mais onerosos que os custos diretos. Por esta razão, se faz necessário o entendimento dos processos que possibilitam a ocorrência da corrosão para que possamos evitar falhas nos materiais e desenvolvermos mecanismos de proteção para os materiais (JONES, 1993, apud HUANG et al., 2013).

A função do revestimento orgânico polimérico é separar fisicamente a estrutura metálica dos ambientes corrosivos interno e externo, ou seja, atuar como barreira para evitar contato do substrato metálico com o meio corrosivo (OLIVEIRA, 2003). As propriedades anticorrosivas têm como objetivo

preservar a superfície do metal de substâncias presentes no ambiente, tais como oxigênio, água e íons específicos que podem dar início ao fenômeno da corrosão (OLIVEIRA, 2003).

De acordo com Silva, 2013, dentre as técnicas de proteção anticorrosiva existentes, a aplicação de tintas ou de sistemas de pintura é uma das mais empregadas. A pintura, como técnica de proteção anticorrosiva, apresenta uma série de propriedades importantes, tais como facilidade de aplicação e manutenção, relação custo-benefício atraente, e pode proporcionar, além disso, outras propriedades em paralelo como, por exemplo:

- Finalidade estética – tornar o ambiente agradável;
- Auxílio na segurança industrial;
- Sinalização;
- Identificação de fluidos em tubulações ou reservatórios;
- Impedir a incrustação de microrganismos marinhos em cascos de embarcações;
- Impermeabilização;
- Permitir maior ou menor absorção de calor, através do uso correto das cores;
- Diminuição da rugosidade superficial;

Os constituintes fundamentais das tintas são: resina (veículo fixo), pigmentos, solventes (veículo volátil) e aditivos.

- **Resina** é a constituinte ligante ou aglomerante das partículas de pigmento. Também é a responsável direta pela continuidade e formação da película de tinta. Como consequência, responde pela maioria das propriedades físico-químicas da mesma. As resinas são em sua maioria de natureza orgânica, podendo ser utilizadas combinadas na constituição de um revestimento. Portanto, as características das tintas, em termos de resistência, costumam depender muito do(s) tipo(s) de resina empregada(s) na sua composição.
- **Solventes** são substâncias empregadas para auxiliar na fabricação das tintas, na solubilização da resina e no controle de viscosidade para aplicação. Após a aplicação da tinta, o solvente evapora deixando uma camada de filme seco sobre o substrato.
- **Aditivos** são os compostos empregados, em pequenas concentrações, nas formulações das tintas com diferentes objetivos, por exemplo, dispersante e anti nata.

- **Pigmentos** são partículas sólidas e finamente divididas. Insolúveis na resina são utilizados para se obter, entre outros objetivos, proteção anticorrosiva, cor, opacidade, impermeabilidade e melhoria das características físicas da película. Em praticamente todos os lugares onde ocorreram ocupações humanas pré-históricas é possível encontrar pinturas rupestres. Nem sempre essas pinturas encontraram condições que permitiram a sua conservação até os dias de hoje. No entanto, são vastas as ocorrências dessas pinturas que permaneceram preservadas.

A revolução industrial ocorrida no Século XIX trouxe consigo um gradual abandono do uso de derivados da biomassa em todas as áreas, havendo substituição por insumos fósseis de carbono (carvão mineral, petróleo e gás natural). Baseados no florescimento das áreas de química, física e engenharias, novos materiais com propriedades superiores aos já existentes começaram a ser sintetizados e produzidos utilizando carbono fóssil. Com a virada para o Século XX a indústria do petróleo e a petroquímica se difundiram rapidamente. Derivados do petróleo começam a ser desenvolvidos com características únicas e preços baixos e, como consequência, começam rapidamente a substituir os derivados de biomassa.

A Tabela 1 mostra os períodos do século XX em que esses novos polímeros foram desenvolvidos (GENTIL, 2011).

<i>Resina</i>	<i>Período (Década)</i>
Alquídica	20
Vinílica	20
Acrílica	30
Epóxi	40
Poliuretana	40
Silicone	40

A Tabela 2 compara propriedades dessas resinas que são as mais usadas em proteção anticorrosiva (GENTIL, 2011).

Tabela 2 – Comparação de propriedades de resinas importantes para o setor anticorrosivo (MUNGER, 1984, *apud* GENTIL, 2011).

	<i>Alquídica</i>	<i>Vinílica</i>	<i>Acrílica</i>	<i>Epóxi</i>	<i>Poliuretano</i>	<i>Silicone</i>
Adesão	MB	R	R	E	MB	E
Dureza	MB	R	F	E	E	E
Flexibilidade	MB	E	MB	MB	MB	F
Coesão na película	MB	R	R	E	E	E
Resistência à abrasão	MB	R	F	E	E	E
Resistência à absorção de água	MB	E	E	MB	E	E
Impermeabilidade	MB	E	E	MB	E	R
Resistência química	MB	E	R	E	E	F
Resistência a solventes	MB	R	F	E	MB	E
Retenção de cor	MB	MB	E	MB	E	E
Resistência à temperatura	MB	R	R	E	MB	E
Resistência a microrganismos	R	MB	R	MB	MB	E
Durabilidade	MB	MB	E	E	E	E

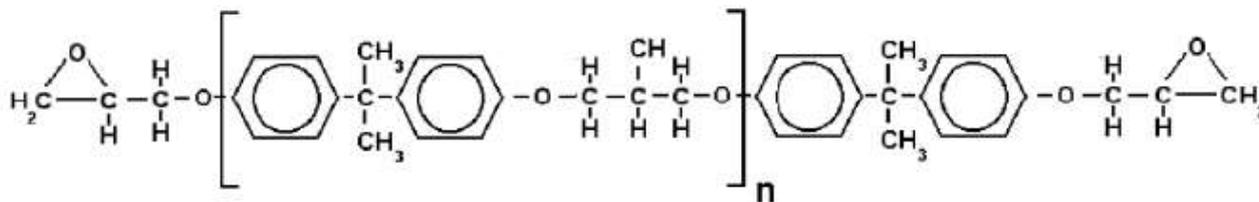
E = Excelente; MB = Muito boa; R = Regular; F = Fraca.

A resina epoxídica é um polímero termorrígido amplamente utilizado como matriz na preparação de materiais compósitos, principalmente devido às suas excelentes propriedades de estabilidade térmica, resistência à solventes, boa adesão, entre outras. Todas essas propriedades estão diretamente condicionadas à escolha do agente e do ciclo de cura.

O termo “Epóxi” refere-se a um grupo constituído por um átomo de oxigênio ligado a dois átomos de carbono. Existem quatro tipos de resinas epóxi comercialmente utilizadas, porém a mais comum é a resina epóxi à base de Bisfenol A, pois são versáteis e de menor custo, provenientes da reação de

Epicloridrina e Bisfenol A. Podem ser líquidas, semi-sólidas ou sólidas dependendo do peso molecular. A figura 1 mostra a fórmula química da resina epóxi a base de Bisfenol A.

Figura 1 - Fórmula química da resina epóxi à base de Bisfenol A.



FONTE: (TESTONI, 2011).

Resinas epóxi são uma das mais importantes classes de polímeros termoestáveis usados para aplicações estruturais ou como adesivos, pois apresentam alto módulo, fácil processamento, boa resistência química e térmica. Entretanto, em muitas aplicações, sua baixa resistência à fratura é a sua maior deficiência. Após a cura, os sistemas epóxi apresentam pequena contração, em média na ordem de 2% (AL-QURESHI, 2002). Este comportamento indica que para formar o sistema curado é necessário um baixo grau de rearranjo molecular.

Compósitos de matriz epoxídica são tradicionalmente classificados como materiais isolantes ou semicondutores, de acordo com os componentes utilizados. No entanto, a adição de cargas condutoras à matriz polimérica tende a aumentar a condutividade elétrica do material compósito. Essas cargas compreendem pós-metálicos, fibras metálicas, polímeros condutores iônicos e intrinsecamente condutores e partículas de carbono (SANTOS et al., 2001).

Tipicamente, os compósitos são classificados pelo material que forma a matriz, preenchendo os espaços vazios entre as partículas da fase dispersa, aglutinando-as. As propriedades dos compósitos dependem das propriedades físicas e de fatores inerentes às fases constituintes, como as suas quantidades relativas e a geometria da fase dispersa. A fase dispersa existe em diversas formas, sendo a classificação mais geral feita em duas categorias: particulados e fibras. No geral, os constituintes da carga dos compósitos proporcionam força e rigidez, mas também aumentam a resistência ao calor, corrosão e condutividade (VENTURA, 2009).

Um revestimento polimérico deve atuar como um modificador de superfície, podendo aumentar a adesão de tintas a uma superfície metálica e reduzir a taxa de corrosão do sistema de proteção. Em alguns casos, o comportamento redox do revestimento pode proporcionar uma proteção anódica ao substrato. O grau de proteção contra a corrosão proporcionada por um revestimento a base de

polímero condutor depende tanto das propriedades estruturais como das propriedades eletrônicas do polímero (TUKEN ET. AL, 2006).

A condução eletrônica dos polímeros é explicada pelo modelo de bandas. Simplificadamente, o modelo é caracterizado por uma série densa de níveis de energia associados à ligações covalentes entre os átomos que compõem a rede cristalina do polímero, sendo essa a banda de valência (BV). Há uma segunda série de níveis de energia, como a primeira, porém com maior energia, associada à condução de elétrons na rede cristalina, sendo a banda de condução (BC). A diferença de energia entre as duas bandas é chamada de band-gap (E_g). Esse gap é também chamado de banda de energia proibida (JEWETT e SERWAY, 2008).

Nos últimos anos uma grande variedade de polímeros condutores eletrônicos (PCE) tem sido testada como agente inibidor de corrosão ou como revestimento anticorrosivo, normalmente depositados química ou eletroquimicamente na forma pura sobre o metal. Alguns polímeros condutores apresentam resultados promissores devido ao baixo custo dos insumos, facilidade de obtenção e a excelente estabilidade química em condições ambientais. Não obstante, estes polímeros são de difícil processamento por serem infusíveis e pouco solúveis em solventes utilizados industrialmente, o que limita sua aplicação, principalmente em revestimentos anticorrosivos. Uma estratégia que vem sendo empregada consiste em preparar tintas contendo estes polímeros em sua formulação.

METODOLOGIA

Este estudo constitui uma revisão bibliográfica de caráter analítico qualitativo a respeito do que hoje é resquisado sobre revestimentos poliméricos em aços com o objetivo principal de combate à corrosão desses materiais.

A pesquisa bibliográfica é feita a partir de levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meio escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites (FONSECA, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem porém pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de

recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura resposta (FONSECA, 2002).

Observou-se que após a pesquisa realizada em diversos documentos e projetos realizados para a utilização de materiais poliméricos utilizados como revestimentos em aços, notou-se que boa parte deles direcionava-se com mais ênfase nas resinas. Além disso, no que diz respeito às resinas epoxídicas, notou-se que há poucos trabalhos que realizaram estudos utilizando aditivos que transformam esses materiais em polímeros condutores como revestimento em aços.

CONCLUSÃO

Após a pesquisa realizada em diversos documentos e projetos realizados para a utilização de materiais poliméricos utilizados como revestimentos em aços, notou-se que boa parte deles direcionava-se com mais ênfase nas resinas.

No que diz respeito às resinas epoxídicas, notou-se que há poucos trabalhos que realizaram estudos utilizando aditivos que transformam esses materiais em polímeros condutores como revestimento em aços.

REFERÊNCIAS

- COLPAERT, Hubertus. Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns. Revisão técnica: André Luiz V. Da Costa e Silva. 4 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008. 652 p.;
- FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002.
- GENTIL, V. Corrosão. 6ª. Ed. [S.l.]: LTC, 2011.
- HUANG, J., BROWN, B., NESIC, S. Localized Corrosion of Mild Steel under Silica Deposits in Inhibited Aqueous CO₂ solutions. NACE International CORROSION, n. 2144, 2013.
- JEWETT, J. W., SERWAY, R. A. Physics for scientists and engineers with modern physics. Belmont: Cengage Learning EMEA, 2008.
- OLIVEIRA, C. L.; SILVA, E. C.; SANTOS, T. P.; CAMPOS, H. P. Uma Abordagem Teórica da Influência dos Parâmetros de Processo e das Características das Matérias-Primas nas Propriedades Finais de um Revestimento de Polietileno em Tripla Camada. Trabalho apresentado no COTEQ 226, 2003;
- SMITH, William F., HASHEMI, Javad. Fundamentos de engenharia ciência dos materiais. 5. ed. Porto Alegre: AMCGH, 2012. 712 p;
- TESTONI, G. A. Avaliação das propriedades mecânicas e elétricas e do desgaste abrasivo de compósitos laminados de fibras de vidro e carbono, resina epoxídica com diferentes cargas condutoras. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2011;
- TÜKEN, T.; YAZICI, B.; ERBIL M. Zinc modified polyaniline coating for mild steel protection. Mater. Chem. Phys. v. 99, p. 459, 2006;
- VENTURA, A. M. F. M. Os compósitos e a sua aplicação na reabilitação de estruturas metálicas. Ciência & Tecnologia dos Materiais, v. 21, 2009.