

ENGENHARIA: A MÁQUINA QUE CONSTRÓI O FUTURO

VOLUME VIII



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Engenharia: a máquina que constrói o futuro

8ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

8ª 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, 2022

184 f.: il

DOI: 10.37423/2022.edcl481

ISBN: 978-65-5367-108-9

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/10.37423/2022.edcl481>

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

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2022

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	6
HABILIDADE ESPACIAL E COLABORATIVA DOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA CIVIL: ADAPTANDO PBL PARA O ENSINO- APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA DESCRITIVA.	
Ana Cláudia Rocha Cavalcanti Flávio Antônio Miranda de Souza Sadi da Silva Sebra Filho Gisele Lopes de Carvalho DOI 10.37423/220405671	
CAPÍTULO 2	21
CONTROLE DO CONFORTO TÉRMICO PARA GADOS LEITEIROS EM CONFINAMENTO GENALDO FERREIDA DA CUNHA FILHO DOI 10.37423/220405688	
CAPÍTULO 3	46
SELEÇÃO DE EFICIÊNCIAS DE ESGOTOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO COMBINADA DE MODELO DE QUALIDADE DE ÁGUA E METAHEURÍSTICA DE OTIMIZAÇÃO Rodrigo Leone Passos José Antônio Tosta Maria Cristina Rangel DOI 10.37423/220405691	
CAPÍTULO 4	63
ANÁLISE QUALITATIVA DA ADERÊNCIA ENTRE O PROCESSO DE CONTRATAÇÃO DE SOLUÇÕES DE TICS DA IN/SGD/ME 01/2019 E O MODELO CMMI SUPPLIER SPM NÍVEL 2 Luiz Sérgio Plácido da Silva Juliano Manabu Iyoda Alexandre Marcos Lins de Vasconcelos Suzana Cândido de Barros Sampaio Renata Teles Moreira DOI 10.37423/220405698	
CAPÍTULO 5	85
DIAGNÓSTICO DA VIABILIDADE DA TERCEIRIZAÇÃO DO SERVIÇO DE LIPEZA URBANA: ESTUDO DE CASO EM UM MUNICÍPIO DE MINAS GERAIS Cláudio Jorge Cançado Deisiane Rodrigues Leocádio Nikolas Seixas Silva DOI 10.37423/220405719	

CAPÍTULO 6	101
ÉTICA EM COMPUTAÇÃO: UM CAMPO DE CONHECIMENTO A SER DIVULGADO.	
Exiele Daniel Fagundes de Oliveira	
Gabriela Ribeiro Peixoto Rezende Pinto	
DOI 10.37423/220405731	
CAPÍTULO 7	112
ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DAS VEDAÇÕES DE UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL NA CIDADE DE GOIÂNIA - GOIÁS	
Kátia Maria Souza	
Juracy Mendes Moreira	
Higor Eduardo Alves	
João Amélio Da SILVA NETO	
DOI 10.37423/220405755	
CAPÍTULO 8	138
ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS DE PROCESSAMENTO DE GÁS NATURAL	
Daiane Mesquita de Oliveira	
DOI 10.37423/220405756	
CAPÍTULO 9	145
REAPROVEITAMENTO DE CORPOS DE PROVA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Kátia Maria Souza	
Divino de Souza Pereira	
DOI 10.37423/220405757	
CAPÍTULO 10	151
ESTUDO DE SISTEMAS PRIMÁRIOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS EM REGIÕES DE BAIXA DENSIDADE DEMOGRÁFICA	
Kátia Maria Souza	
Alencar Rodrigues de Meneses	
Gisley de Souza Brito	
DOI 10.37423/220405760	
CAPÍTULO 11	173
AVALIAÇÃO DA CARBONATAÇÃO NATURAL DE MATERIAIS CIMENTÍCIOS A PARTIR DE ENSAIOS ACELERADOS E DE MÉTODOS DE PREDIÇÃO	
TAUANY MARTINS VIEIRA	
Caio Bruno de Oliveira Nascimento	
FELIPE JOSÉ LOSADA REIS	
DOI 10.37423/220405761	

Capítulo 1



10.37423/220405671

HABILIDADE ESPACIAL E COLABORATIVA DOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA CIVIL: ADAPTANDO PBL PARA O ENSINO- APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA DESCRITIVA.

Ana Cláudia Rocha Cavalcanti

Universidade Federal de Pernambuco

Flávio Antônio Miranda de Souza

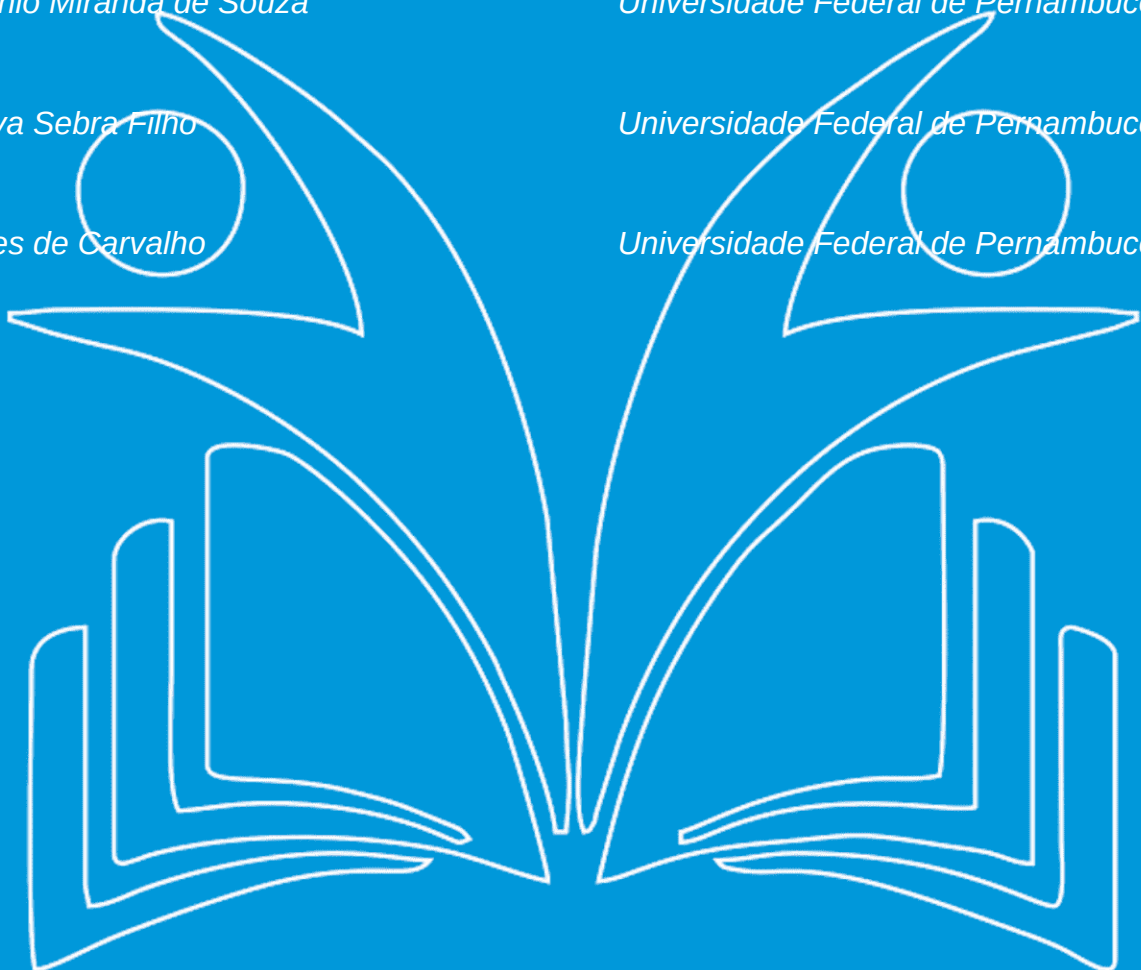
Universidade Federal de Pernambuco

Sadi da Silva Sebra Filho

Universidade Federal de Pernambuco

Gisele Lopes de Carvalho

Universidade Federal de Pernambuco



Resumo: *Esse trabalho investiga alternativas para desenvolver a habilidade de visualização espacial em alunos de engenharia civil da Universidade Federal de Pernambuco por meio de Project Based Learning (PBL), aplicado ao ensino-aprendizagem de geometria descritiva. Experimentos foram realizados concomitantemente em três turmas, por meio de projetos objetivando a resolução de problemas em equipes, de forma a estimular a colaboração e a iniciativa dos participantes como forma de apreensão dos conteúdos. Os resultados dão suporte às premissas de que se pode estimular e melhorar habilidades espaciais por meio de projetos coletivos e, o uso de PBL é uma ferramenta significativa ao ensino de geometria descritiva.*

Palavras-chave: *Geometria descritiva; habilidade espacial; PBL.*

1.INTRODUÇÃO

Um aspecto fundamental nesse trabalho é a capacidade de visualização espacial por parte dos alunos de engenharia civil a ser trabalhada na disciplina de geometria descritiva. E, isso se dá porque, de acordo com Maier (1994), a capacidade de visualização espacial e as habilidades de rotação mental de objetos são essencialmente importantes para profissionais que se dedicam às engenharias. Por exemplo, os níveis de habilidade espacial são bastante significativos em determinar a capacidade dos profissionais em interagir e aproveitar interfaces computacionais em relação a bancos de dados (NORMAN, 1994), além de serem significativos para influenciar na capacidade de aprender de forma eficaz a usar programas do tipo *Computer Aided Design* (CAD).

A visualização envolve a habilidade de imaginar e, mentalmente transformar informações espaciais (UTALL et al, 2013; SEABRA e SANTOS, 2007), sendo influenciada por treinamento. Esse estudo adota uma visão exploratória para ampliar capacidades e habilidades por meio de estratégias que estimulem o envolvimento dos alunos de forma inovativa, participante e colaborativa como o *Project Based Learning* (PBL). PBL foi utilizado na tentativa de favorecer um ambiente onde as interações entre os alunos ajudem a estimular e aguçar as habilidades de visualização espacial dos alunos de engenharia civil.

O estudante de engenharia civil é capacitado tecnicamente para resolver problemas na área de engenharia civil, incluindo fundamentos teóricos e fundamentações matemáticas. Sua formação é generalista, voltada para atender demandas da sociedade, por meio de novas tecnologias. De modo geral, esse parece ser o perfil dos cursos de engenharia civil nas universidades brasileiras. No caso da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), os alunos ingressam no grupo das engenharias e, ao final do primeiro ano escolhem entre os diferentes cursos de graduação das engenharias oferecidos na UFPE, dependendo de seus rendimentos escolares. A disciplina Geometria Descritiva oferecida para engenharia civil da UFPE vem sendo ministrada, aplicando de forma prática os conteúdos nela trabalhados, desde a década de 1990.

A amostra desse estudo consiste de três turmas de Geometria Descritiva, do curso de engenharia civil da Universidade Federal de Pernambuco, durante o segundo semestre de 2016. O número total de alunos matriculados nas turmas é de 62 alunos. A metodologia adotada foi de observação participante em sala de aula comparando meios tradicionais de ensino da geometria descritiva, e projetos de resolução de problemas de geometria descritiva.

O ensino de geometria descritiva nas engenharias tem passado por um processo de adaptação voltado a acompanhar os desafios profissionais contemporâneos, ao mesmo tempo em que novas ferramentas computacionais facilitam a interação dos usuários a programas e periféricos que auxiliam na fabricação e manipulação de sólidos e modelos (digitais e físicos), tais como cortadoras lasers, impressoras 3D, etc. Além disso, cada vez mais se demanda dos profissionais nas diferentes áreas atitudes proativas, colaborativas e flexíveis. Em estudo recente sobre novas experiências de trabalhos que demandam ações colaborativas, Cavalcanti et al (2015) concluem que houve envolvimento crescente por parte dos alunos nas atividades coletivas, demandando atitudes colaborativas, utilizando técnicas tradicionais de fabricação de modelos físicos e digitais. A aplicação dos conteúdos programáticos da geometria descritiva em problemas resolvidos por meio de construção/manipulação de sólidos geométricos e modelos auxiliaram positivamente na apreensão desses conteúdos. Esse trabalho dá continuidade a tais experimentos, aprofundando questões sobre alternativas de como estimular os alunos para a apreensão dos conteúdos da geometria descritiva e melhorar suas habilidades espaciais visuais, uma vez que tais habilidades melhoram significativamente na aprendizagem nos campos das ciências, tecnologias, engenharia e matemática (UTTAL et al, 2013).

2.DESAFIOS NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO

Em nível internacional, as empresas têm procurado por profissionais que possuam a habilidade de trabalhar efetivamente em equipe, se adaptando à cultura do ambiente de trabalho e, que consigam transmitir ideias de forma eficiente (EUROPEAN COMMISSION, 2013). Entretanto, os currículos tradicionais não estão conseguindo desenvolver tais competências em seus currículos, e diferentes experiências de ensino vem ocorrendo em adaptação às recentes transformações. Muito se tem falado sobre as mudanças nas formas de produção de bens e consumo, nas formas de organização da sociedade, nos meios de comunicação digital, nas formas de ensinar e aprender, entre outras. No caso do ensino e aprendizagem, pode-se observar um crescente número de experiências didático-pedagógicas por meio de estratégias usando os princípios do PBL no ensino universitário em diversos países (CHANDRASEKARAN et al, 2012; GRAHAM, 2010), incluindo o Brasil (GIANNOTTI et al, 2008).

De acordo com Ribeiro (2008), PBL refere-se à aprendizagem baseada no enfrentamento de problemas. Pode ser também considerado um ambiente de aprendizagem onde o problema motiva os alunos a aprenderem. PBL é essencialmente uma abordagem de ensino colaborativa, construtivista e contextualizada que usa problemas na vida real para motivar a construção do conhecimento (BARROWS, 1996), influenciado por fatores contextualizados que muito dependem da interação entre

os estudantes na busca por resoluções dos projetos. No processo de ensino e aprendizagem há uma prática social complexa entre alunos e professores que engloba tanto a ação de ensinar como de aprender (PIMENTA e ANASTASIOU, 2002). Tal processo não se resume ao momento de sala de aula (LIBÂNEO, 1990), ou seja, inclui o planejamento, as ações participativas dos sujeitos (alunos e professores) propriamente ditas em sala, os acompanhamentos e as avaliações.

Com o intuito de realizar levantamentos de diagnósticos sobre a situação dos alunos foram realizadas diversas enquetes ao longo do semestre. Logo no primeiro dia de aula, aplicou-se um teste de visualização espacial baseado em Montenegro (2003). Foi observado que os alunos apresentavam um bom nível de visualização de sólidos geométricos. Ao final da segunda unidade foram aplicados questionários para identificar os perfis dos alunos antes de escolherem cursar engenharia civil, durante o período em curso e suas auto-avaliações quanto às suas percepções visuais espaciais. Coletas de depoimentos durante o decorrer do semestre também foram realizadas por meio de perguntas semi-estruturadas para acompanhar os graus de dificuldades percebidas em cada uma das etapas dos projetos desenvolvidos. Por fim, na terceira unidade uma enquete final foi aplicada para avaliar a disciplina, as atividades e seus graus de recomendações sobre o andamento dos projetos para serem replicados no semestre seguinte. Esse processo de auto-avaliação das atividades da disciplina serve para indicar possíveis correções ao longo da disciplina e tem auxiliado nos ajustes quase imediatos da disciplina. Nenhuma alteração significativa foi necessária até o momento.

3.A EXPERIÊNCIA COM SUAS CONQUISTAS E DESAFIOS

A visualização espacial é muito importante para o engenheiro (NORMAN, 1994; SEADRA e SANTOS, 2002; CAVALCANTI et al, 2015) e a disciplina de Geometria Descritiva amplia o desenvolvimento dessa habilidade, havendo, entretanto, dificuldades na apreensão dos conteúdos de geometria descritiva. Portanto, nesse trabalho buscou-se relatar uma experiência de sala de aula visando melhorar a aprendizagem dos alunos de engenharia em geometria descritiva por meio do PBL. A disciplina foi trabalhada em duas partes. Na primeira, correspondente à primeira unidade, os conteúdos da geometria clássica foram trabalhados de forma tradicional e, na segunda, trabalhou-se com PBL, na segunda e terceira unidades. Não foi realizada uma experimentação onde todos os conteúdos de geometria descritiva fossem adquiridos por meio de PBL. Reconhece-se aqui uma limitação na metodologia adotada. Na primeira unidade, os alunos foram submetidos a um exame individual (Ver Figura 1). Os resultados dessa atividade foram variados e as posturas dos alunos foram individualizadas, consequência da natureza da atividade.

Figura 1 – Prova individual realizada como primeiro exame.



Aparentemente, essa etapa foi fundamental para o sucesso dos alunos no desenvolvimento das atividades subseqüentes devido à fixação dos conteúdos iniciais. Entretanto, não se pode associar o fato dos alunos obterem sucesso por meio das abstrações e sínteses exigidas, generalizando tais resultados para todos (PIMENTA e ANASTASIOU, 2002).

Para a segunda e a terceira unidades os trabalhos produzidos de forma coletiva e colaborativa, por meio de PBL, e três projetos foram postos em prática. No Projeto 1, descrito abaixo, os conteúdos trabalhados na primeira unidade foram aplicados na produção e manipulação de volumes para o estudo do ponto, da reta e do plano.

3.1.PROJETO 1 – MODELO TRIDIMENSIONAL DE VOLUMES PARA ESTUDO DO PONTO, DA RETA E DO PLANO.

Para esse projeto foram executadas três atividades: a) estudo do ponto, da reta e do plano em modelos em sabão em pedra produzidos por alunos do semestre anterior, b) produção de modelos em sabão em barra, c) arranjo de volumes variados em madeira.

Os alunos foram agrupados aleatoriamente pelos professores em equipes de 5. Foram entregues a eles modelos tridimensionais em sabão em pedra, produzidos por alunos do semestre anterior. Foram solicitados a manipularem os volumes, discutindo sobre os conteúdos apreendidos na primeira unidade. Após, cada equipe estudou as posições das retas, representando suas épuras e determinando os pontos e as classificações das retas no espaço, para apreender melhor os conteúdos.

Em seguida, mantendo-se a formação das equipes, os alunos produziram seus próprios volumes (Figura 2), repetindo as atividades anteriores, e produzindo a planificação dos sólidos que foram recortados e montados para promover a apreensão dos conteúdos.

Figura 2 – Peças de sabão produzidas pelos alunos para estudo do ponto, da reta e do plano.



Finalmente, os alunos manipularam volumes diversos produzidos em madeira pintadas em cores distintas, contendo cilindros, cones, pirâmides, paralelepípedos, entre outros. Os volumes foram fornecidos pelos professores. Após manipulação dos volumes, os alunos reorganizaram-nos, produzindo novos conjuntos de volumes (Figura 3) mais complexos, a serem representados em é pura.

A produção de modelos físicos auxiliou na visualização de conteúdos abstratos por meio da constante comparação entre as noções de ponto, reta e plano com os objetos concretos, assim como, por meio da manipulação de sólidos preexistentes, os conteúdos foram adquiridos. As relações interpessoais parecem ter sido estreitadas e atitudes de liderança foram revezadas entre os componentes das equipes. Por vezes, as atividades foram realizadas individualizadas, mas coordenadas. Por vezes, as discussões ocorriam entre os membros das equipes, e até mesmo entre equipes, pela curiosidade em ver os outros trabalhos.

Figura 3 – Modelos produzidos pelos alunos pela união de sólidos em madeira para estudo do ponto, da reta e do plano.



Dando prosseguimento aos projetos, os alunos foram solicitados a resolverem problemas de interseção de planos em resoluções de telhado, atividade descrita no Projeto 2 abaixo.

3.2.PROJETO 2 – MODELO TRIDIMENSIONAL DE VOLUMES PARA RESOLUÇÃO DE INTERSEÇÃO DE PLANOS – TELHADOS.

Para esse projeto foram e cutadas duas atividades: a) resolução de telhado em forma de caracteres (letras, números) por meio de programas gráficos (SketchUP e AutoCAD), b) produção de modelos em papel colorido.

Em equipes de 2 alunos, compostas pelos alunos, são apresentados um retângulo de lados 12x16cm, onde deverá ser inscrito um dos caracteres para compor a expressão #PROJECTBASEDLEARNINGENGENHARIACIVIL2016.1. Cada um dos caracteres deverá ser resolvido com uma solução de cobertura representada em 5 vistas básicas, incluindo a vista superior. As soluções dos telhados foram realizadas no SketchUP, modelando-as de forma simultânea (Figura 4). Após, o desenho técnico foi realizado no AutoCAD. As verdadeiras grandezas dos segmentos de reta e dos planos foram desenvolvidas, e a planificação do volume executado em modelo físico. Ao final, a expressão acima foi montada e visualizada por todos (Figuras 5a e 5b) .

Figura 4 – Resolução dos caracteres em equipes utilizando SketchUP.



Como pode ser visto na Figura 4, a organização na distribuição dos componentes das equipes variou, assim como variou a interação entre componentes das equipes. Cada vez mais as dúvidas eram compartilhadas e o aprendizado era adquirido de forma colaborativa. As modelagens iniciais feitas no SketchUP foram utilizadas para a visualização das interseções dos planos, ao mesmo tempo em que serviram de material didático produzido pelos próprios alunos. Os alunos usaram também o papel e o lápis para resolver as interseções dos planos que não estavam muito claras no meio digital, sendo depois levadas para a resolução em AutoCAD, para uma maior precisão e consolidação do uso da ferramenta.

Figura 5 – (a) Expressão montada com os caracteres produzidos pelos alunos.

(b) Expressão complementada com volumes de telhados.



O desenvolvimento das etapas de resolução dos telhados, modelos digitais, etc., foi realizado por todas as equipes, entretanto, quatro equipes não entregaram os produtos finais e faltaram as letras

C, G, C e o numeral 6 (Figuras 5a e 5b), comprometendo o resultado do grupo. Em avaliação com os alunos foi declarado que essa atividade tomou muito tempo deles, mas foi motivadora e estimulante.

3.3.PROJETO 3 – MODELO TRIDIMENSIONAL DE ESTRADA E PLATAFORMA.

Para esse projeto foram executadas três atividades: a) estudo de superfícies topográfica em meio tradicional, lápis e papel, b) produção de modelo físico em placas de Etil Vinil Acetato (EVA) e, c) representação de estrada e plataforma em meio digital com modelagem 3D. As equipes foram formadas entre 6 e 8 alunos, compostas pelos próprios alunos.

A primeira atividade foi desenvolvida por meio de estudos de superfícies topográficas realizados em mídia tradicional, lápis e papel. Os alunos ficaram livres para escolher se resolveriam essas atividades individualmente ou em grupos. Essa parte do projeto serviu para estimular os alunos na aquisição do conhecimento necessário para a realização do projeto.

Após essa fase, os alunos foram solicitados a resolverem uma superfície topográfica com determinação de estradas e plataformas. A superfície topográfica geral era formada por 8 terrenos e cada equipe ficou responsável pela solução da superfície em um dos terrenos. Como uma das principais dificuldades foi a visualização espacial, os alunos receberam uma superfície topográfica impressa numa folha de papel A4 que apresentava linhas de cotas de níveis e uma diretriz de uma estrada principal, que interliga os acessos a cada um dos terrenos, sendo a estrada principal, comum a todas as plataformas.

Foi solicitado que fossem produzidos modelos físicos reproduzido em cortes de camadas em EVA colorido (três tons de verde) para formar cada uma das superfícies dos terrenos individualmente. Entretanto, os trabalhos foram estimulados a serem colaborativos internamente nas equipes e entre as equipes, uma vez que juntos formariam um único modelo físico de toda a superfície, devendo ser coordenadas as cores de cada uma das camadas (por equipe e no grupo final), assim como a conectividade/continuidade das curvas de nível entre os modelos produzidos isoladamente, mas que ao serem montados lado a lado, formariam uma superfície topográfica geral em um grande modelo físico. A resolução de problemas foi feita inicialmente com mídia tradicional, de forma colaborativa.

Os alunos determinaram estratégias de resolução de problemas estabelecendo papeis e responsabilidades dos membros das equipes. Por vezes, soluções de uma equipe foram apresentadas para todos os alunos de todos os grupos (Figura 6).

Figura 6 – Liderança espontânea dos alunos apresentando soluções para todo o grupo.



Em seguida, realizaram a modelagem física de uma superfície topográfica, de forma colaborativa (Figura 7), em equipe, usando cortes de camadas de cada curva de nível para ser usada na compreensão da modelagem física (Figura 8), e posterior modelagem digital.

Figura 7 – Atividades colaborativas durante as resoluções dos problemas.



De posse desse material produzido em sala de aula, os alunos iniciaram estudos para resolver a estrada de acesso comum aos terrenos a partir da diretriz dada. Lançaram a plataforma da estrada, determinaram a crista da estrada e a linha de offset.

Figura 8 – Atividades colaborativas integrando mídias tradicionais e digitais.



Em seguida, tiveram que definir a melhor localização da plataforma evitando aterros e cortes, e determinar uma estrada de acesso ao lote até a plataforma, por eles locada (Figura 9).

Figura 9 – Modelos físicos e digitais da superfície topográfica.



A modelagem gráfica computacional foi realizada de forma colaborativa, de modo a aplicar os conhecimentos adquiridos em processo gradativo e reflexivo, possibilitando interações entre os alunos de mesma equipe, assim como entre as equipes, uma vez que os modelos dos terrenos adjacentes tinham que ser bem coordenados.

4. DESAFIOS A SEREM ENFRENTADOS

Uma vez que a abordagem do PBL consiste na aprendizagem como um processo ativo, integrado e construtivo (BARROWS, 1996), considerou-se ser importante a compreensão do PBL como sendo centrada no estudante e suas atitudes perante o problema, ao invés de concentrar esforços no próprio problema. Por isso, foi importante o engajamento dos alunos no desenvolvimento do projeto para evitar insucessos no projeto, tendo o aluno o sentimento persistente de motivação.

Análise qualitativa dos dados sugere que, por muitas vezes, uma das principais motivações apresentadas por alunos seria a nota atribuída ao trabalho para conseguir lograr melhores resultados nos coeficientes de rendimento escolar. Nesse sentido, os alunos se deparam com um desafio constante em PBL: incerteza na solução do problema.

O perfil dos alunos de engenharia civil é muito centrado nos trabalhos individualizados enquanto que, mais recentemente, o perfil demandado dos profissionais tem sido cada vez mais voltado para atividades colaborativas, com criatividade, em ambientes de trabalho com profissionais de diferentes áreas, etc. Ao observarmos o caso em estudo, se por um lado os alunos se apropriaram de forma autônoma das estratégias de resolução de problemas diante das incertezas, por outro lado, ao lidar com incertezas na realização de uma atividade que tem caráter avaliativo, os alunos se sentiram inseguros, e por vezes, desmotivados e resistentes. Entretanto, observações em sala de aula nos levam a perceber que os entraves foram gradativamente superados por meio de contínua tentativa de resolver os projetos. Nem sempre os alunos apresentam iniciativa própria de forma persistente. Improvisações motivacionais se fazem necessárias durante as interações entre alunos e professores, tais como mostrar exemplos de trabalhos de profissionais que resolveram, de forma criativa e inovativa, exemplos de projetos semelhantes ao trabalhado em sala, quando possível. Ou até mesmo mostrar e comentar os trabalhos dos colegas e questionar sobre os problemas enfrentados nesses trabalhos. É importante relatar que ao final da segunda unidade, 100% dos alunos opinavam pela repetição das atividades da disciplina para as próximas turmas, mas, ao final da terceira unidade, ao se depararem com desafios maiores, 3 alunos (do total de 58) não mais a recomendaram.

Observações durante as atividades desenvolvidas em sala de aula nos levam a considerar que os alunos necessitaram buscar mais informações sobre os projetos nos quais estavam envolvidos. Outro fator relevante foram as habilidades necessárias para a realização das atividades objetivando as soluções possíveis e cabíveis. Não somente eles tiveram que se organizarem individualmente, como também necessitaram coordenar, em grupo, as atividades de cada um deles, as atividades realizadas em pares, em grupos, etc.

Apesar das tentativas em sala de minimizar os desejos dos alunos de resolver problemas de forma linear, como se fosse uma atividade ortodoxa de resolução de um problema, algumas vezes esbarramos nesse tipo de abordagem durante as resoluções dos projetos. Os alunos demandavam de nós, professores, procedimentos de resolução de seus projetos, ao invés de trabalharem alternativas advindas de suas próprias interpretações das realidades. Por vezes, foi necessário chamar a atenção dos alunos que não poderíamos apresentar o passo a passo de suas alternativas, mas que eles deveriam refletir, discutir e buscar alternativas baseadas nas interpretações dos procedimentos apreendidos e aplicados aos projetos apresentados.

Enfatizamos ser primordial a consciência de que eles iriam aprender fazendo, e ser necessário a aprender a identificar o que eles já sabiam antes da realização das atividades, tomando consciência do que estavam descobrindo ao realizarem as atividades, e principalmente, tornarem-se protagonistas de suas escolhas e decisões ao resolverem os problemas. O processo de conscientização da aprendizagem não é linear, assim como o da própria aprendizagem, nem é linear a tomada do protagonismo.

Em depoimento tomado em sala de aula, um dos alunos declarou ter ele próprio formulado suas dúvidas, das quais ele queria as respostas e as buscava sozinho e com os colegas, aprendendo com os erros. Declarou ainda ser uma quebra do modelo de ensino, sendo muito difícil a adaptação, mas que valia a pena a aprendizagem.

Segundo outro aluno, dois entraves são relevantes: o comprometimento necessário de todos os membros da equipe e as dificuldades individuais em lidar com ferramentas digitais, sendo de extrema importância o domínio dos conteúdos de geometria descritiva individualmente, que colaborarão na resolução digital em grupo dentre aqueles que não dominarem os programas computacionais utilizados.

Para os alunos, há necessidade de coordenação e distribuição interna de atividades para aperfeiçoar os processos de realização dos projetos que envolvem muitos procedimentos e que podem

comprometer o aprendizado. Sintetizando o processo de aquisição dos conhecimentos em PBL, nas palavras de uma aluna, que parafraseou Clarice Lispector, afirmou que: “Sozinhos podemos ir mais rápido, mas juntos podemos ir mais longe”.

5.CONCLUSÃO: QUESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Uma questão óbvia sobre o PBL consiste no fato de que a aprendizagem resulta de trabalho com projetos. PBL é uma estratégia instrucional na qual os estudantes confrontam problemas contextualizados e se esforçam para apresentar soluções significativas. Defende-se a ideia de que por meio de PBL os alunos não realizam um conjunto de procedimentos pré-estabelecidos para atingir um resultado satisfatório, ao contrário, ações de relações interpessoais, atividades colaborativas e iniciativa e liderança aparecem como componentes fundamentais para a realização dos projetos.

Os trabalhos desenvolvidos em equipe com o propósito de resolução de um projeto demandaram organização, planejamento, iniciativa, liderança, responsabilidade, colaboração e cooperação. O diferencial apontado nesse trabalho consiste na interação entre os participantes do projeto que buscam estratégias colaborativas e proativas.

Por muitas vezes, observou-se que uma das principais motivações apresentadas pelos alunos seria a nota atribuída ao trabalho para conseguir lograr melhores resultados nos coeficientes de rendimento escolar. Nesse sentido, os alunos se deparam com um desafio constante em PBL: incerteza na solução do problema, demandando antecipação de resultados espaciais. Observou-se ainda que como PBL é centrada no estudante e suas atitudes perante o problema, ao invés de concentrar esforços no próprio problema, foi importante o engajamento dos alunos no desenvolvimento do projeto para evitar insucessos, tendo o aluno o sentimento persistente de desafio e motivação.

Em todos os projetos os alunos demonstraram comprometimento com os propósitos dos projetos e entre os participantes, porém isso ocorreu de forma gradativa e crescente.

De modo particular, os processos de interação entre os atores observados envolvidos no processo de ensino e aprendizagem relatados nesse trabalho deram suporte à ideia de que as atividades realizadas ampliaram a compreensão sobre geometria descritiva, habilidade visual espacial e colaboração. Apesar do grande volume de atividades realizadas durante os projetos, os alunos pareciam motivados, se sentindo desafiados a cumprirem com responsabilidade suas tarefas. Em parte, as lideranças encontradas em cada equipe motivaram seus colegas e, em parte, motivações individuais, como por exemplo, os relatos de que há a sensação de que a disciplina foi uma aplicação

prática dos conteúdos com significados para a futura vida profissional dos alunos, tal motivação foi suficiente para estimular cada aluno no enfrentamento das dificuldades encontradas nas resoluções das tarefas longas, cansativas, mas prazerosas.

PBL foi considerado bastante apropriado para ampliar os resultados tangíveis e intangíveis nas realizações de cada projeto. Mesmo sem ser quantificado, pode-se observar uma melhora sensível no grau de participação dos alunos nas atividades mais complexas e trabalhosas, como por exemplo, o último projeto. Esse trabalho conclui que ensino e aprendizagem fazem parte de um processo dinâmico, por natureza, colaborativo, por essência, e coletivo, por finalidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos alunos que os ensinam a serem mais atentos às diferenças.



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROWS, H. S. "Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview." In L. WILKERSON & W. H. GIJSELAERS (Eds.), *Bringing problem-based learning to higher education: Theory and practice*. San Francisco: Jossey-Bass, 1996, pp. 3-12.

CAVALCANTI, A. C. R., De SOZUA, F. A. M., e CARVALHO, G. L. Processos colaborativos na aprendizagem da geometria descritiva para o curso de engenharia civil. In *Anais do XLIII COBENGE*, Mauá, 2015.

CHANDRASEKARAN, S.; STOJCEVSKI, A.; LITTEFAIR, G.; JOORDENS, M. Learning through projects in engineering education. *ANAIIS, 40th Societé Européene pour la Formation des Ingénieurs Annual Conference*, Thessaloniki, SEFI, 2012.

EUROPEAN COMMISSION. *European classification of skills/competences, qualifications and occupations*. Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2013.

GIANNOTTI, M.; NERI, A.; SILVA, D.; SCHUTZ, I. Proposta de aplicação do PBL nos cursos de engenharia. *ANAIIS, XXXVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*, São Paulo, ABENGE, 2008.

LIBÂNEO, J. C. *Didática*. São Paulo: Cortez, 1990.

MONTENEGRO, G. *Habilidades espaciais: exercícios para o despertar de idéias*. Santa Maria: sCHDs, 2003.

NORMAN, K. L. "Spatial visualization – A gateway to computer-based technology", *Journal of Special Educational Technology*, Vol. XII, No. 3, 1994, pp. 195-206.

PIMENTA, S. G. e ANASTASIOU, L. D. G. C. *Docência no ensino superior*. São Paulo: Cortez, 2002.

SEABRA, R.; SANTOS, E. Avaliação da eficácia de um curso de geometria gráfica para engenharia no desenvolvimento da habilidade de visualização espacial. *ANAIIS, XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*, Curitiba, ABENGE, 2007.

SORBY, S. A. "Spatial abilities and their relationship to effective learning of 3-D modeling software", *Engineering Design Graphics Journal*, Vol. 64, No. 3, 2000, pp. 30-35.

UTTAL, D.; MEADOW, N.; TIPTON, E.; HAND, L.; ALDEN, A.; WARREN, C. The Malleability of Spatial Skills: A Meta-Analysis of Training Studies. *Psychological Bulletin*, 2013, Vol. 139, No. 2, pp. 352–402.

Capítulo 2

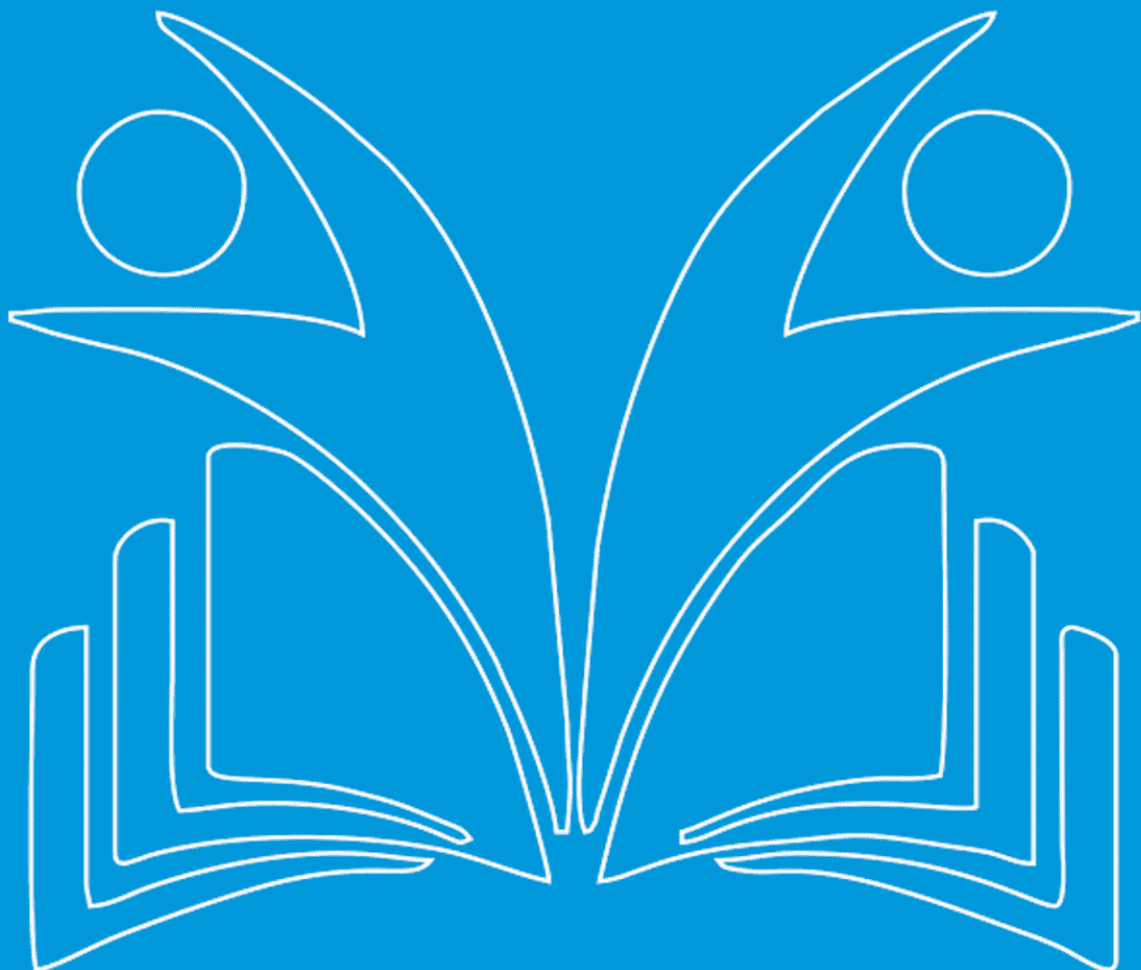


10.37423/220405688

CONTROLE DO CONFORTO TÉRMICO PARA GADOS LEITEIROS EM CONFINAMENTO

GENALDO FERREIRA DA CUNHA FILHO

*PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE
GOIÁS*



Resumo — Este estudo apresenta um controle de parâmetros fundamentais aplicados em sistemas de confinamento de gado leiteiro. A administração de variáveis possibilita o controle térmico necessário para melhorar a eficiência, elevar a produtividade dos animais e reduzir os custos do produtor rural. Com a utilização de um sistema automatizado, interligado a um microcontrolador que recebe dados de sensores, torna-se possível alcançar o conforto térmico exigido para os sistemas de ventilação forçada.

Palavras-chave — Conforto térmico, Sistemas de ventilação, microcontrolador e Sensores.

INTRODUÇÃO

A agropecuária brasileira tem como finalidade atender o mercado que depende da matéria-prima e também o alimentício. Além de suprir a demanda alimentícia, essa atividade também é destaque na economia, sendo o fator que impulsiona as finanças deste país. Neste artigo, a abordagem principal será no aumento da eficiência produtiva do gado de leite através do controle térmico em galpões situados na zona rural que abrigam vacas com alta capacidade de produzir leite.

Visto que o clima é um dos agentes influenciadores que interfere de forma direta no bem-estar do animal bovino [1].

A vinda da era digital provocou vastas mudanças no cotidiano das pessoas, de forma que as fizeram otimizar com o raciocínio lógico as estruturas e costumes mais arcaicos, tornando suas atividades mais eficazes e práticas.

Automatizar tarefas tornou-se tão comum que proliferou e chegou ao campo, facilitando também a vida do produtor rural, reduzindo seus erros, gastos e elevando a qualidade e quantidade do seu produto ofertado.

O conforto térmico é de suma importância para ampliar a produção de leite, um exemplo é que 84% das vacas holandesas (conhecidas mundialmente pela eficiência na produtividade do líquido citado anteriormente) em solo brasileiro estão em regiões com alta incidência da luz solar, exceto no estado do Paraná onde o rebanho destes animais é bastante considerável [2].

Os três sistemas mais utilizados que usam a ventilação artificial, visando suprir o incômodo imposto pelo clima de muitas regiões brasileiras, são eles: o *Compost Barn*, *Free Stall* e o *Cross Ventilation*. Esses processos estão disponíveis para os empreendedores de pequeno e médio porte.

Conhecer o processo e saber qual tecnologia mais se adequa a ele é fundamental para maximizar a produção e minimizar o consumo de energia elétrica, que são assuntos de relevância neste estudo, e é com o controle de parâmetros (como a temperatura, umidade e luminosidade) almeja-se evitar qualquer tipo de perdas, principalmente objetivando total tranquilidade termal as vacas leiteiras e relevante economia para o proprietário do sistema [3].

Portanto, a necessidade de sistemas de produção mais eficazes no campo está ligada com as tecnologias e automações disponíveis para o ambiente rural, de acordo com cada necessidade

encontrada pelos produtores. E essa prática consegue melhorar a eficiência produtiva e econômica de sua propriedade [4].

Neste trabalho será realizado a automação climática destes galpões, aplicando-se ao *Compost Barn* e *Free Stall*, a temperatura, umidade e luminosidade serão aferidas por sensores que enviarão estes dados a um microcontrolador que enviará sinal à um inversor de frequência que controlará a ventilação do ambiente proposto.

II. METODOLOGIA

Com a influência da tecnologia em diversos ramos de mercado, muitos produtores de leite estão usando o meio tecnológico a seu favor. O Brasil se encaixa na quarta posição de maiores produtores de leite do mundo. Por sua vez, a maior parte de produção leiteira localiza-se nas regiões mais quentes do país [5].

Como os fatores climáticos influenciam diretamente no desempenho do animal para sua produção de leite, muitos deles não conseguem atingir seu nível de produção. Sendo assim, teve a necessidade de implantar recursos e tecnologias para reverter essa situação.

Anteriormente, muitos produtores mantinham seus gados nos pastos, o que sofriam bastante com as cargas de radiação proveniente do sol, da atmosfera, do horizonte e do solo, afetando na saúde do animal e diretamente no conforto térmico. Diante disso, criaram os confinamentos de gados leiteiros, visando uma melhoria no bem-estar do animal e consequentemente uma maior produção de leite [6].

A. TIPOS DE SISTEMAS DE CONFINAMENTO

A.1. COMPOST BARN

O *Compost barn* (Fig. 1) é composto por um galpão na zona rural sem compartimentos internos, onde os animais têm um ambiente em comum para repousar e se locomover.



Fig. 1. *Compost barn*.

Fonte: Eletro Transol.

O rebanho fica sobre uma cama confortável (composta pela mistura de materiais ricos em carbono, a título de exemplo mais comum a serragem, com materiais ricos em nitrogênio, esse tipo de material mais utilizado são os resíduos das próprias vacas), essa cama precisa também da ventilação artificial para manter os níveis de umidades exigidos, de forma que a mesma fique aconchegante e seca para os animais [3], [7].

A.2. FREE STALL

O *Free Stall* (Fig. 2) também é muito utilizado e tem certa semelhança com o *compost barn*, diferindo apenas nos compartimentos internos, onde cada animal tem seu espaço particular.



Fig. 2. *Free stall*.

Fonte: Marketingagricola.

Nesses compartimentos também há camas que são, geralmente, revestidas de areia, que é um material favorável para esse tipo de sistema, em razão de que apresenta conforto necessário, inibe a proliferação de bactérias, aumenta o atrito dos corredores, diminuindo possíveis escorregões e também tem um nível favorável de umidade, que ajuda a reter a água da cama [3].

A.3. CROSS VENTILATION

O *Cross Ventilation* (Fig. 3) (ventilação cruzada) usa o mesmo ambiente do *Free Stall*, com algumas técnicas adicionais de real importância para o local de produção onde permite-se dizer que é o sistema mais completo e eficaz disponível. Além dos compartimentos internos separados, esse sistema é munido de exaustores que retiram do ambiente o ar quente.



Fig. 3. *Cross ventilation*.

Fonte: Educapoint-Fazenda Colorado.

Outro fator importante é a baixa inclinação dos telhados, tornando-se possível, com o uso de defletores, a movimentação contínua e o direcionamento do ar refrigerado pelo ambiente [8].

B. VARIÁVEIS DE CONTROLE

Além de manter o gado leiteiro em confinamentos, protegendo-os contra as radiações, algumas variáveis são de extrema importância para ter um aumento na produtividade do leite, são elas:

B.1. LUMINOSIDADE

A emissão de luz sobre os animais é um fator que quando controlado, influencia no aumento da produção de leite, crescimento do animal e reprodução. Utilizando os sistemas de confinamento, o

gado leiteiro fica sujeito a ter uma menor quantidade de luz incidida sobre eles, em média de 18 lux, logo, o produtor perde todos esses aspectos.

Estudos comprovam que para obter o ganho de produção e melhorias nos animais, os mesmos devem estar submetidos no mínimo a 150 lux por 16 horas ao dia. Para as fazendas atingirem esse número, faz-se a utilização de iluminação artificial e fazendo o controle da quantidade mínima de lux por dia, a vaca pode chegar a ter ganho de produção de aproximadamente 2,2 quilograma por vaca em cada dia [9].

B.2. TEMPERATURA E UMIDADE

No mercado do leite, climas tropicais e subtropicais, juntamente com uma temperatura e umidade do ar elevada, causam bastante estresse térmico e desconforto nos animais. O que pode ser visível pelos produtores, pois as vacas ficam babando, além de permanecerem mais tempo em pé e com uma respiração mais ofegante. Logo, a temperatura do ar e a umidade relativa do mesmo, são os principais fatores para o aumento de produção [10].

Fazendo a associação dessas variáveis, obtém-se o índice de temperatura e umidade (ITU) ou do inglês a sigla (ITH – *Temperature and humidity index*). Anteriormente, esse índice servia para analisar o conforto térmico dos humanos, desenvolvido por Thom (1959). Contudo, alguns cientistas perceberam que fazendo adaptações nesse modelo, poderiam usar esse sistema para analisar o conforto térmico em animais, incluindo os bovinos [11].

B.3. ITU

O índice de temperatura e umidade indica a zona de ambiente em que os animais estão submetidos. Diante dele, o estresse térmico e desconforto dos animais podem ser controlados. O cálculo do ITU passou por vários estudos e aprimoramentos, a mais recente, desenvolvida [Mader A] em 2006 é mostrada conforme a equação (1).

$$ITU = (0,8 * Tdb) + \left[\frac{UR}{100} * Tdb - 14,4 \right] + 46,4$$

(1)

onde:

Tdb= Temperatura de bulbo seco (°C).

UR= Umidade relativa do ar (%).

As variáveis de temperatura e umidade podem ser coletadas por estações meteorológicas próximas ao local de produção, porém, o uso de sensores instalados na propriedade para a busca desses dados, podem aumentar a precisão desses fatores, consequentemente melhores resultados para análise.

Ao decorrer do tempo, algumas espécies de gado leiteiro foram analisadas. Afirmam que na raça Holandesa o estresse térmico começa com ITH igual a 72 e outros valores podem ser classificados como leve (ITU 72 a 78), moderado (ITU 79 a 88) e severo (ITU 89 a 98). Contudo, algumas vacas leiteiras e de elevada produção, tem uma baixa produção com o índice de temperatura e umidade a partir de 68 [11].

C. SISTEMA AUTOMATIZADO

O processo de automação consiste em substituir as atividades executadas por humanos por meios tecnológicos, sejam eles computadores, controladores entre outros. Com essa mudança o sistema passa a ter reduções de mão de obra, dados mais precisos, agilidade e celebridade em quaisquer processos. Logo, com todos esses fatores o resultado final é um sistema em que se produz ou realiza tarefas com um alto nível de eficiência e minimização de falhas.

Possuindo os dados coletados das variáveis de controle, pode-se criar um modelo automatizado para atingir uma melhor produção de leite em gados de confinamento. Uma vez que esses dados passam a ser monitorados 24h por dia, o sistema passa a ter total controle e com isso as vacas ficam todo seu período de lactação em conforto térmico ideal, fazendo com que aumentem sua produção de leite, consequência positiva para os lucros do consumidor final [12].

D. BENEFÍCIOS

Além de ter um aumento na produção de leite, utilizando sistemas de confinamentos com o controle automatizado de suas variáveis, o gado leiteiro atinge uma qualidade de saúde mais eficaz. Como o estresse térmico e desconforto dos animais diminuem, o risco de surgir doenças também abaixam, logo o produtor acaba tendo um custo reduzido em tratamentos veterinários [13].

A mastite é uma inflamação nas glândulas mamárias das vacas, causadas por agentes ambientais e agentes infecciosos. A mesma pode ser evitada com melhorias nos ambientes destinados aos animais, as principais são:

Ventilação, evitando a proliferação dos micro-organismos causadores de mastite e também a limpeza constante dos galpões, reduzindo o contato do rebanho com barro e esterco [14].

Analisando o lado do consumo de energia, o produtor que utiliza esses sistemas terá uma redução em sua conta de energia. Como o projeto é automatizado, os ventiladores acabam funcionando com sua potência reduzida, quando necessário, faz-se o aumento conforme a lógica programada para estabelecer o conforto térmico desejado.

Logo, como a potência é diretamente proporcional ao consumo de energia, conforme a equação (2), o produtor de leite pagará um valor inferior do que pagaria se não utilizasse um sistema automatizado [13].

$$\text{Consumo} = P * H_f \text{ (kWh)} \quad (2)$$

onde:

P= Potência (W).

Hf= Horas de funcionamento.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A. MICROCONTROLADOR NODEMCU

O *NodeMCU* (Fig. 4) é um microcontrolador que permite ser programado em LUA ou através da IDE do Arduino. Este controlador tem um diferencial, o chip ESP8266 um dispositivo acoplado a placa que torna possível a conexão do *NodeMCU* a uma rede de wireless. A desvantagem do uso deste controlador é sua limitação em relação as portas e tensão lógica de 3,3V.

O acoplamento do microcontrolador ao chip ESP8266 permite as conexões de navegadores web, ideal para o uso e acesso de apenas um usuário, devido a simplicidade do site, entretanto, enviar e receber informações da placa é ideal para tornar possível o conceito de internet das coisas (*IoT Internet of Things*), onde objetos presentes em ambientes tenham acesso à internet.

Esta placa foi iniciada pela *Espressif* com o intuito de facilitar a conexão e comunicação de sensores e softwares através de uma rede. Seus pinos são subdivididos em onze IO digitais que têm como principais funções a interrupção e uso da modulação PWM. O pino D0 é o único dos digitais que não executa as funções mencionadas. Além disso, esse dispositivo tem um pino analógico com resolução de 10 bits. Outro dado relevante é a sua compatibilidade com módulos e sensores utilizados no

Arduino, bem como o uso da IDE do Arduino como plataforma de programação. Os sensores escolhidos têm protocolo de comunicação 1-wire (onde a transmissão é feita aterrando o barramento de dados e utiliza um resistor de pull-up para alimentar a linha de transmissão), facilitando a comunicação, visto que é possível incluir a biblioteca “*OneWire*” na IDE do Arduino [15].



Fig. 4. Microcontrolador *NodeMCU*.

Fonte: ESP8266EX (2018).

B. INVERSOR SINAMICS V20

O driver escolhido para realizar o controle dos ventiladores do sistema de confinamento será o Inversor SINAMICS V20 (Fig. 5), fabricado pela Siemens AG, empresa reconhecida mundialmente. Além de ser um driver de fácil manejo, traz consigo grandes aplicações e características que podem ser verificadas em seu datasheet e que algumas delas foram utilizadas nesse projeto facilitando o alcance dos objetivos propostos nesse estudo, sendo elas:

- Entradas digitais e analógicas: possui quatro IO (entrada e/ou saída) podendo receber níveis de tensão de 0 a 24V e duas IO analógicas, sendo controladas de 4-20mA ou 0-10V.
- Macros de operação: possui onze macros de conexão, com variáveis aplicações podendo ser escolhida de acordo com a necessidade. Essas macros remetem às IO do inversor, já definidas para executar uma função quando as recebem níveis altos ou baixos. Nesse estudo está sendo utilizado a macro de número cinco, onde no manual do fabricante pode-se encontrar todas informações referente à mesma.
- Controle de frequência: após a escolha da macro de conexão a ser utilizada, o driver disponibiliza a escolha das frequências de operação.

-Sinal de 24V: após o inversor ser energizado, o mesmo libera uma saída de tensão contínua de 24V, podendo ser utilizada para acionar as IO.

-Comunicação serial: possui dois modos de comunicação sendo elas:

- USS: envio de mensagens no formato *half-duplex*.
- MODBUS: envio de mensagens em dois formatos, *unicast e broadcast* [16].



Fig. 5. inversor sinamics v20.

Fonte: siemens (2012).

C. SENSOR DE TEMPERATURA E UMIDADE DHT22

A comunicação de sensores com a rede utilizando controladores para interligar os dados na Agropecuária possibilita a regulação da quantidade de substâncias utilizadas para aumentar a produção de forma econômica e sustentável.

O sensor de umidade e temperatura DHT22 (Fig. 6) permite um range de -40 a 80 graus *Celsius* e para a umidade, que é medida pelo percentual da umidade relativa do ar (que é a relação da densidade do vapor d'água presente no ar com a densidade do vapor d'água saturado), tem uma variação possível detectada pelo sensor de 0 a 100%; a faixa de precisão para ambos parâmetros é de 0,1, cada um com sua respectiva unidade de medida.

Este detector facilita a comunicação com microcontroladores, porque há apenas um pino digital para comunicar com o microcontrolador (ocupando apenas uma entrada do mesmo), os demais são responsáveis pela alimentação do sensor, no pino 1 a tensão pode variar de 3 a 5V de corrente

contínua) e o pino 4 é o com tensão de 0V para que haja diferença de potencial no sensor, o pino 3 não executa nenhuma função neste dispositivo [17].



Fig. 6. Sensor de Temperatura e Umidade DHT22.

Fonte: L. Thomas.

D. SENSOR DE TEMPERATURA DS18B20

Sensores de temperatura são capazes de identificar o nível de aquecimento de determinado ambiente, dispositivo ou até mesmo de processos que necessitam de um supervisor. Tendo assim como principal função identificar e alertar sobre as condições adequadas de operação de cada item citado.

Há uma vasta variedade de detectores de temperatura no mercado e a mais compatível para este estudo foi o sensor DS18B20 (Fig. 7) que é um sensor com ótima resistência para operar ao ar livre e também por ter uma única interface e apenas um fio. Para detectar a temperatura desejada é necessário alimentar esse dispositivo com uma tensão na faixa de 3,3 a 5 *Volts* de corrente contínua. Assim feito, o mesmo retornará ao usuário uma temperatura no range de -55 a 125°C, entretanto, a faixa de maior precisão desse sensor é na de -10 a 85°C, onde ele consegue atingir $\pm 0,5^\circ\text{C}$ de exatidão [18].



Fig. 7. Sensor de Temperatura DS18B20.

Fonte: Casa da robótica.

E. SENSOR DE LUMINOSIDADE LDR

Para que se tenha total controle da iluminação de um espaço é necessário o uso de um sensor de luminosidade, para que o mensure de forma instantânea a luminosidade do ambiente, tornando possível a parametrização dessa variável para mantê-la dentro das condições estabelecidas e programadas.

O LDR, sensor de luz dependente de um resistor, (Fig. 8) varia a sua resistência de acordo com a luminosidade.

Quanto maior a quantidade de fótons direcionados a este dispositivo, menor será a sua resistência. Na ausência de luz a resistência deste dispositivo pode chegar na ordem de *mega ohm*. O custo e a facilidade de comunicação com microcontroladores chamam a atenção de programadores, este sensor consegue dar uma resposta rápida por causa da sua alta sensibilidade, com isso permite o controle da luminosidade de forma efetiva [19].



Fig. 8. Sensor de Luminosidade LDR.

Fonte: Light dependente (2008).

IV. RESULTADOS

Nesse tópico será apresentado o funcionamento do programa explicando passo a passo como é executado o controle dos ventiladores e iluminação para a obtenção do conforto térmico. A figura 11 demonstra o funcionamento do sistema.

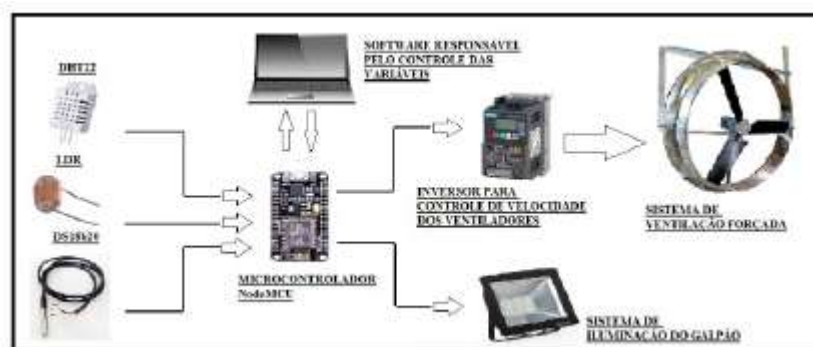


Fig. 11. Explicativo do projeto.

Fonte: Autores do trabalho.

A. CONTROLE DE VELOCIDADE

O sensor DHT22 realiza a coleta dos dados do ambiente (temperatura e umidade), envia esses dados ao microcontrolador que aplica a fórmula do ITH. Se o valor calculado do índice de temperatura e umidade for considerado RUIM o inversor recebe um sinal enviado pelo programa, fazendo com que aumente a frequência dos ventiladores. Após esse sinal, espera-se um tempo para as condições climáticas sofrerem alterações. Ao passar desse tempo, se o ITH manter a mesma condição, o processo de incremento se repete até o índice de temperatura e umidade for considerado BOM, limitando a frequência máxima em 60Hz.

Quando o ITH for BOM, a frequência dos ventiladores diminui na mesma proporção em que foi aumentada, até ocorrer seus desligamentos. No projeto define-se BOM com um ITH menor do que 68 e RUIM para ITH maior do que 68, variável que pode ser ajustada de acordo com o índice de temperatura e umidade de cada animal e região.

B. TEMPERATURA EXTERNA

O sensor DS18B20 monitorará a temperatura externa do galpão de confinamento. Se essa variável possuir valor menor do que 16 graus Celsius, o inversor recebe um sinal para fazer o desligamento dos ventiladores.

C. CONTROLE DE LUMINOSIDADE

Para o controle de luminosidade, o sensor LDR analisará a quantidade de *lux* do ambiente interno do galpão. Se o valor analisado for menor do que 150 *lux*, o *software* envia um sinal para acionar o sistema de iluminação do galpão.

D. VISUALIZAÇÃO DE PARÂMETROS

Além de fazer o monitoramento e controle do conforto térmico, o sistema envia os dados para uma plataforma web no qual o produtor rural poderá acompanhar por qualquer dispositivo eletrônico conectado em sua rede. A plataforma mostra os dados de temperatura e umidade interna do galpão, temperatura externa, valor do ITH e uma mensagem de erro de sistema, caso algum inversor de frequência entre em falha, sendo assim, o produtor poderá resolver o problema de forma mais rápida e evitará perdas em sua produção.

E. FILTRO ATIVO PASSA BAIXA TIPO BUTTERWORTH

Em alguns sistemas torna-se necessário a utilização de filtros para adequar sinais que serão transmitidos ou recebidos para determinados projetos. Nesse estudo será utilizado o filtro ativo passa baixa de segunda ordem do tipo butterworth.

O filtro consiste em fazer a combinação de resistores, capacitores, potenciômetro e o amplificador operacional, onde o escolhido para esse projeto foi o LM 358. Com a junção desses itens é possível corresponder sinais com altas frequências para sinais com baixas frequências.

O controle de velocidade dos ventiladores será realizado através da informação gerada pelo *software* e transmitida do microcontrolador *NodeMCU* para o driver V20. Como o sinal transmitido é em modulação por largura de pulso ou do inglês *Pulse Width Modulation* (PWM) e sua frequência é de aproximadamente 1kHz, o inversor não é capaz de captar esse dado em sua entrada analógica, por ser um sinal com frequência superior do que utiliza. Sendo assim, a utilização do filtro ativo passa baixa é de extrema importância ao transmitir o sinal adequado para o driver [21].

Na Fig. 12 é mostrado o circuito filtro utilizado para o estudo. Os itens compostos são:

- R1=220 [kOhm]
- R2=220 [kOhm]
- R3=10 [kOhm]
- R4=27 [kOhm]

- $R5=47\text{ [k}\Omega\text{]}$
- $RV1= 50\text{ [k}\Omega\text{]}$
- $C1= 220\text{ [nF]}$
- $C2= 220\text{ [nF]}$
- U1: A e U1: B= LM 358

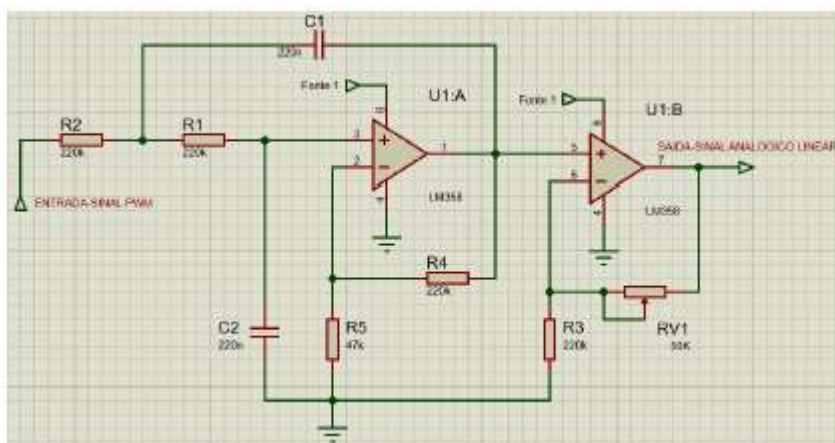


Fig. 12. Filtro ativo passa baixa segunda ordem

Tipo *Butterworth*.

Fonte: autores do trabalho.

F. SISTEMA SEM CONTROLE

Neste tópico serão apresentadas tabelas demonstrando o uso de sistema de ventilação com controle e sem controle do conforto térmico, o hardware e página web desenvolvidos para realizar o monitoramento e controle do gado leiteiro.

A tabela I demonstra os resultados obtidos do sistema de ventilação sem o controle do conforto térmico do rebanho.

Pode-se observar que no período de 11:40 à 12:00 o índice de temperatura e umidade prevaleceu bastante elevado, fazendo com que o estresse térmico dos animais torne um baixo índice de produção de leite.

TABLE I

SISTEMA DE VENTILAÇÃO SEM CONTROLE

Período	Temperatura	Umidade	ITH	Setpoint ITH
11:00-11:10	30,50	46,00	70,49	68,00
11:10-11:20	29,80	47,30	70,08	68,00
11:20-11:30	29,60	50,00	70,48	68,00
11:30-11:40	29,30	51,90	70,43	68,00
11:40-11:50	29,50	52,10	71,10	68,00
11:50-12:00	30,00	55,00	72,50	68,00

G. SISTEMA COM CONTROLE

Após a instalação dos sensores e *hardware* que faz o controle do ITH, pode-se perceber que a temperatura e umidade do sistema de ventilação manteve-se próximo às condições que fossem satisfatórias para obter o conforto térmico dos animais.

TABLE II
SISTEMA DE VENTILAÇÃO COM CONTROLE

Período	Temperatura	Umidade	ITH	Setpoint ITH
11:00-11:10	28,50	51,00	69,33	68,00
11:10-11:20	28,90	49,70	69,48	68,00
11:20-11:30	28,50	51,50	69,48	68,00
11:30-11:40	28,30	53,60	69,81	68,00
11:40-11:50	28,30	53,90	69,76	68,00
11:50-12:00	28,40	54,80	70,28	68,00

Fazendo à análise do mesmo período do confinamento sem o controle do conforto térmico, onde a temperatura e umidade estava elevada, o resultado é positivo, pois, o sistema de controle modula a velocidade dos ventiladores, fazendo com que consiga ter uma estabilidade do ITH, determinado de acordo com a necessidade do animal.

Comparando a coluna 'condição' das tabelas I e II observa-se que o resultado é o mesmo, devido ao processo de teste ser realizado em um período onde as variáveis de controles estão com um índice elevado. Logo, a tabela com os resultados que foi utilizado o controle do conforto térmico, obtiveram valores próximos do que seria ideal para o rebanho, motivo esse que se torna viável a utilização do controle e monitoramento em sistemas de confinamentos.

H. CONSUMO DE ENERGIA SEM CONTROLE

De acordo com a tabela III o consumo de energia do sistema de ventilação para uma hora de funcionamento é de 1,92 [kWh]. Levando em consideração o valor do kWh determinado no dia 18 de novembro sendo de 0,4056 reais para produtor rural, o custo de funcionamento de um sistema sem controle do ITH foi de 0,78 reais, desconsiderando taxas e serviços cobrados pela concessionária de energia [26].

TABLE III
SISTEMA DE VENTILAÇÃO SEM CONTROLE

Período	Potência consumida [kW]	Frequência [Hz]	Horas de funcionamento	Consumo [kWh]
11:00-11:10	1,90 kW	60 Hz	10 min.	0,32 kWh
11:10-11:20	1,90 kW	60 Hz	10 min.	0,32 kWh
11:20-11:30	1,90 kW	60 Hz	10 min.	0,32 kWh
11:30-11:40	1,90 kW	60 Hz	10 min.	0,32 kWh
11:40-11:50	1,90 kW	60 Hz	10 min.	0,32 kWh
11:50-12:00	1,90 kW	60 Hz	10 min.	0,32 kWh
<i>Resultados</i>	1,90 kW	60 Hz	1,0 hr	1,92 kWh

Obs: os valores de potência consumida e frequência foi realizado suas médias. Para as horas de funcionamento e consumo foi realizado sua somatória.

I. CONSUMO DE ENERGIA COM CONTROLE

A tabela IV refere-se aos dados de consumo de energia e custo após o sistema de controle do índice de temperatura e umidade ser implantado no local. O consumo do sistema de ventilação para o mesmo período analisado da tabela III é de 1,59 [kWh]. Mantendo as mesmas condições do valor do kWh utilizado na tabela III, o custo de funcionamento do sistema de confinamento com controle do índice de temperatura e umidade foi de 0,65 reais.

TABLE IV
SISTEMA DE VENTILAÇÃO COM CONTROLE

Período	Potência consumida [kW]	Frequência [Hz]	Horas de funcionamento	Consumo [kWh]
11:00-11:10	1,90 kW	60 Hz	10 min.	0,32 kWh
11:10-11:20	1,12 kW	50 Hz	10 min.	0,19 kWh
11:20-11:30	0,71 kW	40 Hz	10 min.	0,12 kWh
11:30-11:40	1,90 kW	60 Hz	10 min.	0,32 kWh
11:40-11:50	1,90 kW	60 Hz	10 min.	0,32 kWh
11:50-12:00	1,90 kW	60 Hz	10 min.	0,32 kWh
Resultados	1,58 kW	55 Hz	1,0 hr	1,59 kWh

Obs: os valores de potência consumida e frequência foi realizado suas médias. Para as horas de funcionamento e consumo foi realizado sua somatória.

O consumo e o custo da tabela IV é inferior ao da tabela III, pois, como o sistema usa de forma racional o consumo de energia, acionando os ventiladores e modulando a frequência dos mesmos somente para adequar as condições climáticas com o conforto térmico dos animais, sendo assim, a conta de energia dos produtores de leite é inferior quando comparado à um sistema de confinamento sem controle.

Realizando a diferença entre o consumo das duas tabelas, temos que:

$$\Delta \text{Consumo} = \frac{1,92 - 1,57}{1,92} \times 100 = 18,23\%$$

Logo, para o teste realizado apenas por uma hora, obteve-se uma redução de 18,23 por cento no consumo de energia elétrica. Levando em consideração essa diferença e aplicando o controle durante 24 horas, o custo de energia do produtor rural será diminuído cada vez mais.

Vale lembrar que o valor da conta de energia não justifica aumento na produção de leite. Uma vez que o resultado da mesma se dá por conta da necessidade de aumentar ou reduzir a potência do sistema de ventilação. Logo, quando comparado o aumento de leite com a conta de energia, é satisfatório para o produtor, pois o ganho na venda do leite será maior, custeando as despesas do consumo de energia.

J. PLANTA DE TESTE

Os resultados demonstrados nas tabelas acima, foram coletados pela planta de teste no galpão da empresa Eletro Transol, matriz Goiânia. Como mostra a Fig. 13, foram usados dois ventiladores posicionados lado a lado, sendo assim, cada um direcionando o vento gerado para cada sensor de monitoramento.



Fig. 13. *Planta de teste.*

Fonte: *autores do trabalho.*

rograma desenvolvido para obtenção do controle do conforto térmico e acionado pelo inversor de frequência, onde na imagem está dentro do painel que está no centro dos dois ventiladores. Já o ventilador à direita, está ligado de forma direta, sem controle de velocidade e índice de temperatura e umidade.

K. HARDWARE DE CONTROLE

Para obter resultados mais precisos no processo de monitoramento e controle foi desenvolvido um *hardware* específico para executar toda a lógica exemplificada na Fig. 11. A placa de circuito impresso (Fig. 14.) possui dimensões 80x70 [mm], sendo assim, ideal para ser instalada junto aos painéis de acionamento dos ventiladores por ocupar pouco espaço.



Fig. 14. *Hardware de controle.*

Fonte: *autores do trabalho.*

Os conectores do *hardware* foram divididos em lados diferentes, separando-os em entradas e saídas. Sua alimentação é realizada através de uma fonte 220 [Vca] / 12 [Vcc] e a alimentação do NodeMCU é feita através da saída do conector USB, pois, facilita a manutenção no momento de descarregar a lógica no mesmo.

L. PLATAFORMA WEB

Para acessar a plataforma *web* (Fig. 15) e visualizar os parametros de controle é necessario digitar o ID de acesso na barra de procura de qualquer navegador, podendo ser acessado por computador ou pelo celular.



Fig. 15. *Página web.*

Fonte: *autores do trabalho.*

O ID para fazer o acesso é o IP gerado pelo software. Logo, para gerar o ID o software tem que ser compilado com o usuário e senha da rede em que deseja se conectar, sendo assim, o meio de acesso deve estar conectado na mesma rede com o IP gerado.

V. CONCLUSÃO

Dada à importância do assunto, faz-se necessário ter o controle das variáveis relacionadas ao índice de temperatura e umidade para que os animais consigam atingir maior produção e melhorias na saúde. Sendo assim, fazendo a utilização de um *software* capaz de realizar o controle e monitoramento do conforto térmico, o alcance dos objetivos é atingido.

Além disso, o sistema é capaz de diminuir os gastos com energia, uma vez que os ventiladores passam a ter controle sobre sua potência, o consumo será inferior do que um sistema não controlado.

É importante lembrar que os objetivos foram alcançados, além de reduzir o consumo e objetivando total controle dos ventiladores de acordo com o ITH, foi desenvolvida também a plataforma *web* com dados de alta relevância, que chamam a atenção do produtor rural. Outro ponto positivo foi o desenvolvimento do *hardware* que pode ficar nos painéis de controle dos ventiladores, devido ao seu tamanho reduzido.

REFERÊNCIAS

- [1] L. R. Alberio; B.S. Bonifácio; M. P. F. José, Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. Patos, abr/jun, 2010.
- [2] A. C. F Rafael, Cruzamento e desempenho em vacas leiteiras. Goiânia, 2011.
- [3] MILKPOINT. Compost barns vs free stall: diferenças de ocorrência de mastite e conforto. Disponível em: [https://www.milkpoint.com.br/colunas/marco-veiga-dos-santo s/](https://www.milkpoint.com.br/colunas/marco-veiga-dos-santo-s/) Acesso em: 01 de maio de 2019.
- [4] V. L. B. Juliana; A. B. J. Roberto; A. L. Marcos; F. R. Giovanni, Diagnóstico da automação na produção leiteira. Lavras, mar/abr, 2008.
- [5] V. S. Marcos. Brasil é responsável por 7% da produção mundial de leite, aponta Conab. Disponível em: [https://www.milkpoint.com.br/colunas/marco-veiga-dos-santo s/](https://www.milkpoint.com.br/colunas/marco-veiga-dos-santo-s/) Acesso em: 01 de maio de 2019.
- [6] R. L. S. Silvia; N. A. Irenilzza; N. Simone; E. B. R. Carlos, Análise do investimento em climatização para bovinos de leite em sistema de alojamento free-stall. Jaboticabal, mai/ago, 2004.
- [7] S. G. Alessandro. Sistema compost barn: caracterização dos parâmetros de qualidade do leite e mastite, reprodutivos, bem estar animal, do composto e econômicos em condições tropicais. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/209863/> Acesso em: 03 de maio de 2019.
- [8] R. G. Paulo; F. T. Guilherme; J. O. S. Iran, D. R. F. Djair, Análise espacial do microclima em galpões free-stal com sistema de ventilação cruzada e ventilação forçada. São Pedro, set, 2015.
- [9] Z. L. Cristiano, Avaliação da luminosidade nas instalações de bovinos leiteiros: atual situação e projeção de oportunidade para manejo de fotoperíodo. Cruz Alta, out, 2014.
- [10] MILKPOINT. A influência do ambiente quente sobre os parâmetros fisiológicos de vacas leiteiras. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao/> Acesso em: 02 de maio de 2019.
- [11] N. M. Thiago, Índice de estresse térmico e perfil metabólico nos períodos de transição e espera voluntária de vacas da raça girolando, criadas em clima tropical. Goiânia, 2016.
- [12] M. Carine; S. Thaísa; T. A. Cleusa; S. Andresa; P. de Ronise, Benefícios do investimento em automação no processo de empacotamento de farinha de trigo. jan, 2018.

- [13] ROYALMAQUINAS. Confinamento ou pasto qual a melhor opção para o gado leiteiro. Disponível em: <https://www.royalmaquinas.com.br/blog/> Acesso em: 8 de maio de 2019.
- [14] A. P. N. Octaviano. Fundamentos da mastite bovina e seus impactos na produção. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/empresas/novidades-parceiros/> Acesso em: 3 de maio de 2019.
- [15] ESP8266EX, Datasheet, nov, 2018.
- [16] Inversor sinamics V20, Instruções de funcionamento, Siemens, Alemanha, Nurnberg, nov, 2012.
- [17] L. Thomas, Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22 (DHT22 also named as Am2302).
- [18] A. V. R. Carlos; E. B. J. John; C. P. G. Diana, Acople de sensores em la medición de variables ambientales usando tecnologia ZigBee, Pereira, dez, 2014.
- [19] Light dependente-LDR, Datasheet, jul, 2008.
- [20] L. B. Robert; N. Louis, Dispositivos eletrônicos e teoria dos circuitos. 11° edição, jan, 2013.
- [21] L. B. Robert; N. Louis, Dispositivos eletrônicos e teoria dos circuitos. 11° edição, jan, 2013.
- [22] G. P. Bianca; P. D. de P. Mônica; R. K. V. Roberta; B. G. F. Luãna; W. R. Katharina; S. D. B. Isabella, Indicadores comportamentais como métodos de avaliação de bem-estar em bovinos leiteiros.
- [23] C. V. Izabela; M. C. Luisa; S. da S. J. Renato; I. M. R. Thiago; A. D. C. Rafael; A. S. N. Flávio, Influência da temperatura e umidade no índice de conforto de animais da raça girolando e holandesa mantidos em galpão de compost barn. Betim, dez, 2017.
- [24] C. G. Weiler; B. F. Rogério; V. Julio; M. M. Cristian, Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas ou não a sombreamento e aspersão na pré-ordenha. Salvador, jul/set, 2013.
- [25] R. B. Orlando; R. B. Priscila; T. S. Geraldo; S. S. Eduardo; P. R. Newton, Efeitos da sombra e da aspersão de agua na produção de leite de vacas da raça holandesa durante o verão. Maringá, jan, 2004.
- [26] ENEL. Taxas e Tarifas. Disponível em: <https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/one-hub-brasil--2018/tarifas-taxas/> Acesso em: 18 de novembro de 2019.

Capítulo 3



10.37423/220405691

SELEÇÃO DE EFICIÊNCIAS DE ESGOTOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO COMBINADA DE MODELO DE QUALIDADE DE ÁGUA E METAHEURÍSTICA DE OTIMIZAÇÃO

Rodrigo Leione Passos

Fundação Getúlio Vargas

José Antônio Tosta

Universidade Federal do Espírito Santo

Maria Cristina Rangel

Universidade Federal do Espírito Santo



Resumo: O presente artigo tem como principal finalidade avaliar o uso da metaheurística GRASP e de do Método Exaustivo em combinação com o modelo matemático de qualidade de água QUAL- UFMG, para a obtenção de eficiências mínimas nos tratamentos de efluentes domésticos associados à bacia do rio Santa Maria da Vitória. Foram analisados três cenários, em que a função objetivo definida foi a soma das eficiências de tratamento dos esgotos pontualmente lançados nos trechos em estudo. A metaheurística GRASP demonstrou ser uma técnica eficiente na determinação de eficiências mínimas de tratamento de efluentes e o QUAL-UFMG, por sua vez, uma ferramenta útil e de fácil aplicação para a modelagem da qualidade de água de rios.

Palavras chave: Modelos de qualidade de água. Metaheurística. GRASP.

1.INTRODUÇÃO

A degradação da qualidade da água e os problemas relativos à sua disponibilidade têm sido intensificados principalmente devido ao desenfreado processo de desenvolvimento econômico que ocasiona invariavelmente maior pressão sobre os recursos naturais e, usualmente, sua inadequada utilização.

Parafraseando [Torres 2005], a água até pouco tempo era considerada um recurso abundante e renovável, entretanto hoje ela começa a desafiar o homem no que tange à sua disponibilidade com qualidade. O grande desafio que se desponta neste início de século para o Estado e Sociedade está na administração da oferta e demanda por recursos naturais.

Mudanças de ordem cultural, social e tecnológica acabaram por multiplicar o uso da água, que primordialmente ficava restrito à dessedentação e à irrigação. Contemporaneamente, seu uso está associado aos mais diversos processos industriais, (e.g., siderurgia, papel e celulose, setor têxtil, etc), à navegação de rios e à geração de energia elétrica, apenas para citar alguns exemplos.

Não obstante, o aumento da densidade populacional tem gerado uma grande produção de esgotos domésticos e industriais, o que tem produzido sérios problemas de qualidade associados aos recursos hídricos.

Há diversas alternativas existentes para o controle da poluição por esgotos, tais como a regularização da vazão do curso d'água, a aeração do curso d'água, a aeração dos esgotos tratados. Entretanto, o tratamento individual ou coletivo dos esgotos antes do lançamento é usualmente a principal e, muitas vezes, a única estratégia de controle, por meio da qual se busca modificar a qualidade dos poluentes lançados e possibilitar o atendimento de padrões de qualidade preconizados pela legislação referente aos recursos hídricos.

Hoje os modelos matemáticos têm-se mostrado uma poderosa e eficaz ferramenta para análise e gerenciamento de recursos hídricos, pois permite a avaliação da evolução temporal e espacial dos parâmetros de qualidade de água.

A complexidade inicia na seleção de processos de tratamento de esgotos no âmbito de uma bacia hidrográfica, sobretudo aqueles de ordem combinatória que antecedem a tomada de decisão. Esse processo decisório tem estimulado a utilização de metaheurística GRASP e de modelos matemáticos de qualidade de água.

Os trabalhos de [Lynn et al. 1962], [Revelle et al. 1968], [Wen e Fu 1991] e [Wang e Jamieson 2002] constituem exemplos de aplicação de técnica de otimização para a resolução de problemas associados à alocação de cargas poluidoras em corpos d'água. Nestes trabalhos a eficiência do tratamento tem

constituído a variável decisória para maximizar a eficiência econômica, assumindo-se como restrição a qualidade desejável do corpo d'água.

O objetivo deste artigo é estudar a associação das características preditivas de um modelo de qualidade de água a uma técnica de otimização combinatória, no caso do processo de seleção de eficiências de tratamento de esgotos no âmbito de uma bacia hidrográfica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico serão discutidos temas considerados relevantes para a condução do presente trabalho, com particular atenção a modelagem matemática da qualidade da água e metaheurística GRASP.

2.1. MODELO DE QUALIDADE DE ÁGUA

Um modelo é uma representação simplificada de um sistema real que se deseja analisar. As situações reais são, em geral, demasiadamente complexas para serem representadas na sua integridade e grande parte desta complexidade é irrelevante para o problema que se quer resolver [Lanna 2002]. Os modelos matemáticos de qualidade de água são constituídos por diversas expressões matemáticas que definem os processos físicos, químicos e biológicos presentes no corpo d'água. A maioria é composta de equações de conservação de quantidade de movimento e massa. A partir da seleção de uma variável de qualidade de particular interesse e da identificação dos processos que a afetam, o balanço de massa pode ser desenvolvido e envolverá três fenômenos fundamentais: a entrada do constituinte no volume de controle, o transporte dele através do volume de controle e as reações ocorridas que resultam no aumento ou decaimento da concentração do constituinte, [Albertin 2008]. Para simular as variações das concentrações dos diversos parâmetros de qualidade do corpo d'água utilizou-se neste artigo o programa QUAL-UFMG, desenvolvido por [Sperling 2007] no ambiente computacional da planilha Microsoft Excel®.

O QUAL-UFMG é baseado num modelo mundialmente utilizado para modelagem matemática em rios desenvolvido pela United State Environmental Protection Agency (USEPA), o QUAL2-E, cuja versão mais atual é o QUAL2-K. A utilização do QUAL-UFMG a partir das planilhas da Microsoft Excel torna as simulações rápidas e simples, facilitadas pela tradução para a língua portuguesa, dos processos usualmente simulados pelo QUAL2-K.

O programa QUAL-UFMG possibilita a modelagem dos seguintes constituintes ao longo do curso: Demanda Bioquímica de oxigênio; Oxigênio Dissolvido; Nitrogênio total e suas frações; Fósforo total e suas frações; Coliformes termotolerantes (fecais) ou E.coli.

Contrapondo-se ao QUAL2-K, o QUAL-UFMG possui a simplificação de não incluir as algas e todas suas inter-relações com os outros constituintes. [Sperling 2007] observa que essa decisão foi baseada no fato de que os processos que envolvem as algas são extremamente complexos e os valores dos coeficientes não são facilmente determinados, além do fato de que as interações com as algas apresentarem resultados significativos somente em ambientes lênticos.

Outra simplificação realizada no modelo supracitado é a não consideração da dispersão longitudinal. Conforme comprovado em estudos utilizando o QUAL2-E, o efeito da dispersão longitudinal pode ser desprezado na maior parte de simulações envolvendo rios. Além disso, a integração das equações que representam o modelo de qualidade de água são realizadas através do método de Euler. Esta é a forma de integração mais simples e possibilita fácil compreensão ao usuário da planilha Excel. A principal desvantagem é a necessidade de utilização de curtos passos de integração (representados pela dimensão dos segmentos em que o rio é dividido). Devido ao fato do modelo não apresentar grandes requisitos computacionais, podem ser utilizadas curtas distâncias de integração, sem que isso ocasione num grande aumento do tempo computacional envolvido.

O modelo QUAL-UFMG já foi utilizado nas simulações de diversos cenários em cursos d'água que fazem parte do Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal, devido à sua facilidade de uso e simples interface, aos seus gráficos gerados e por estar no idioma português. Logo, acredita-se que a sua aplicação possa ser estendida a grande parte das aplicações em que tradicionalmente se empregam o QUAL2-E (ou sua versão mais recente, o QUAL2-K) [Sperling 2007].

As concentrações de DBO nos segmentos do curso d'água são avaliadas a partir do modelo hidráulico de mistura completa. As concentrações de DBO são calculadas a partir da seguinte equação:

As concentrações de DBO nos segmentos do curso d'água são avaliadas a partir do modelo hidráulico de mistura completa. As concentrações de DBO são calculadas a partir da equação (1):

$$\frac{dL}{dt} = -K_d L - K_s + L_{rd} \quad (1)$$

Onde:

K_d = Coeficiente de oxidação da DBO no rio (d⁻¹).

L = Concentração de DBO última em um tempo do percurso t qualquer (mg/L)

K_s = Coeficiente de remoção da DBO por sedimentação (d⁻¹).

L_{rd} Taxa de entrada de DBO última difusa na massa líquida (g/m³.d)

A equação (2) sintetiza as taxas de OD produzidas no corpo hídrico em função do despejo de poluentes:

$$\frac{dC}{dt} = K_2(C_s - C) - K_d L - S_d + F - R - \text{RO2amon} \cdot \text{fnitri} \cdot C \quad (2)$$

Onde:

K_2 = Coeficiente de reaeração (d^{-1}).

C_s = Concentração de saturação do OD (mg/L).

C = Concentração de oxigênio dissolvido em um instante t qualquer (mg/L).

S_d = Demanda de oxigênio pelo sedimento (mg/L).

F = Taxa de produção de OD por fotossíntese (mgO₂/m³d).

R = Taxa de consumo de OD por respiração (mgO₂/m³d).

RO2amon = Relação entre oxigênio consumido e amônia oxidada a nitrito. fnitri = Fator de correção do coeficiente de nitrificação em função de OD. Kan = Coeficiente de conversão de amônia a nitrito (d^{-1}).

As constantes cinéticas a serem empregadas para as simulações de qualidade de água são obtidas dos estudos desenvolvidos por [Salim 2004] e [Mendonça e Almeida 2005].

2.2.METAHEURÍSTICA

A maioria das heurísticas são algoritmos baseados em construção e algoritmos de melhoria. Nos métodos de construção, a solução é gerada sem partir de uma solução inicial, ou seja, os métodos são responsáveis por gerar uma solução inicial. Já os métodos de melhoria se utilizam de uma solução inicial dada para, assim então, aplicar um método de melhoria da solução. As heurísticas podem ser classificadas como: heurísticas construtivas, heurísticas de refinamento e metaheurísticas [Araújo 2010].

De acordo com [Osman e Laporte 1996], citados por [Blum e Roli 2003], uma metaheurística é formalmente definida como um processo de geração iterativo, que guia uma heurística subordinada, combinando inteligentemente diferentes conceitos para explorar o espaço de busca, a fim de produzir eficientemente soluções de boa qualidade. Ela pode manipular uma única solução ou um conjunto de soluções a cada iteração. As heurísticas subordinadas podem ser procedimentos de alto (ou baixo) nível; uma simples busca local; ou, apenas, um método de construção. Neste estudo será empregada a metaheurística denominada GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure). A aplicação da técnica GRASP é apresentada e discutida detalhadamente em [Festa e Resende 2002].

O GRASP consiste, basicamente, em um método iterativo-probabilístico onde, a cada iteração, obtém-se uma solução do problema analisado. As iterações deste método são formadas por duas fases: a primeira, denominada construtiva, que determina a solução inicial, e a segunda fase na qual ocorre uma busca local que consiste em se obter alguma melhoria na solução corrente. Apresenta-se no algoritmo 1 uma formulação geral do algoritmo GRASP em pseudocódigo.

Geralmente, o critério de parada definido consiste em se alcançar um número máximo de iterações pré-estabelecido. Pode-se, também, definir outros critérios, tais como parar quando a solução procurada for encontrada ou se estipular um tempo máximo de execução.

Na fase construtiva do método, uma solução viável é gerada elemento a elemento. Os melhores candidatos para fazer parte da solução são dispostos ordenadamente em uma lista denominada lista restrita de candidatos (LRC). A seleção do próximo componente da solução é dita adaptativa, pois é guiada por uma função gulosa que mede, de forma míope, a melhoria que o mais recente elemento acrescido à solução proporciona à parte já construída. O GRASP possui uma componente probabilística, devido à escolha aleatória na LRC. Esta técnica de escolha permite que variadas soluções sejam geradas a cada iteração GRASP. O algoritmo 2 demonstra a construção da solução inicial:

Algoritmo 1: Formulação geral do GRASP

```

1 início
2   Entrada de dados;
3   while critério de parada não for satisfeito do
4     Construção da Solução Inicial;
5     Busca Local;
6     Atualiza a solução através da melhor encontrada;
7   Retorna a melhor solução;
8   Fim

```

Algoritmo 2: Procedimento Construção da Solução Inicial;

```

1 início
2   Inicializa a solução;
3   while solução não estiver completa do
4     Constrói LRC;
5     Seleciona aleatoriamente um elemento da LRC;
6     Solução recebe o elemento escolhido da LRC;
7     Aplica a Função Adaptativa Gulosa;
8   Construção da Solução Inicial;
9   Fim

```

Partindo-se de uma vizinhança qualquer, as soluções iniciais produzidas na primeira fase não são, necessariamente, ótimos locais. Devido a este fato, surge a necessidade de se realizar uma busca local para melhorar as soluções provenientes da fase construtiva. Esta busca é realizada de modo iterativo, ocasionando sucessivas trocas da solução corrente, por uma melhor solução encontrada na sua vizinhança. Este procedimento cessa quando nenhuma solução melhor é localizada.

A etapa de geração da solução inicial requer atenção especial, devido ao fato de que o procedimento de otimização, a partir de soluções iniciais quaisquer, pode exigir tempos de ordem exponenciais para sua execução. Experimentalmente, pode-se notar uma significativa melhoria no desempenho do processo quando o mesmo é executado com soluções iniciais de boa qualidade. Logo, o tempo gasto pela busca local pode ser reduzido através de uma fase de construção que gere soluções iniciais que não se distanciem muito dos ótimos locais.

Conforme discutido por [Araújo 2010], a metaheurística GRASP parte da ideia de se usar diferentes soluções iniciais como pontos de partida, que por sua vez serão melhoradas por uma busca local. Uma solução é dita como pertencente ao vale de ótimo local quando, a partir de uma busca local iniciada na referida solução, é possível atingir este ótimo local. Caso uma das soluções iniciais esteja no vale de um ótimo global, a busca local irá encontrar este ótimo global. Caso isso não ocorra, a solução do algoritmo será um ótimo local. Ressalta-se que o método não garante a obtenção do ótimo global. Na figura 1 é representado o funcionamento da metaheurística, de acordo com [Araújo 2010].



Figura 1: Funcionamento da meta-heurística GRASP. Fonte: Araújo (2010).

Esta metaheurística tem sido utilizada na resolução de diversos problemas de caráter combinatório, apresentando boas soluções à custa de baixo esforço computacional. Inclusive bons resultados têm sido obtidos na área de recursos hídricos a partir da utilização de tal técnica. No trabalho realizado por

[Araújo 2010], utilizou-se a metaheurística na resolução do problema de programação de horários para a irrigação com vistas a obter redução dos valores gastos com água e energia, atendendo as restrições inerentes ao problema. A utilização do GRASP atestou a viabilidade da aplicação de tal técnica, tendo sido obtidos os melhores resultados quando comparadas as funções objetivos obtidas entre as técnicas utilizadas.

3.METODOLOGIA

Para a condução deste estudo serão consideradas as informações de qualidade e disponibilidade de água da porção superior da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória, uma das principais fontes de abastecimento da Região Metropolitana da Grande Vitória. As referidas informações são decorrentes dos estudos desenvolvidos por [Salim 2004] e [Mendonça e Almeida 2005].

Com aproximadamente 616 de área e 42 km² de extensão, a sub-bacia da qual faz parte o rio estudado é chamada de Alto Santa Maria da Vitória [Roques 2006]. A 2 apresenta em destaque o trecho do Rio Santa Maria, desde as nascentes até a represa de Rio Bonito. Na região do Alto Santa Maria localiza-se o município de Santa Maria de Jetibá.

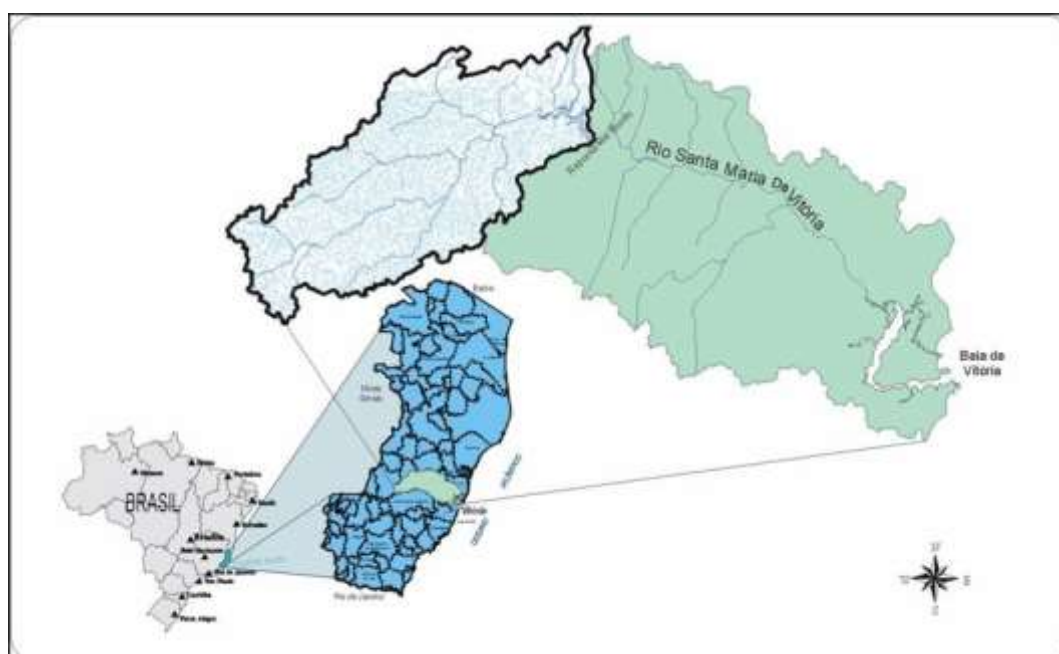


Figura 2: Trecho do rio Santa Maria em destaque.

O estudo de caso considerado neste trabalho utilizou cenários similares àqueles estudados por [Salim 2004]. A figura 3 a seguir apresenta, esquematicamente, o sistema hídrico a partir do qual foram realizadas as simulações de qualidade de água:

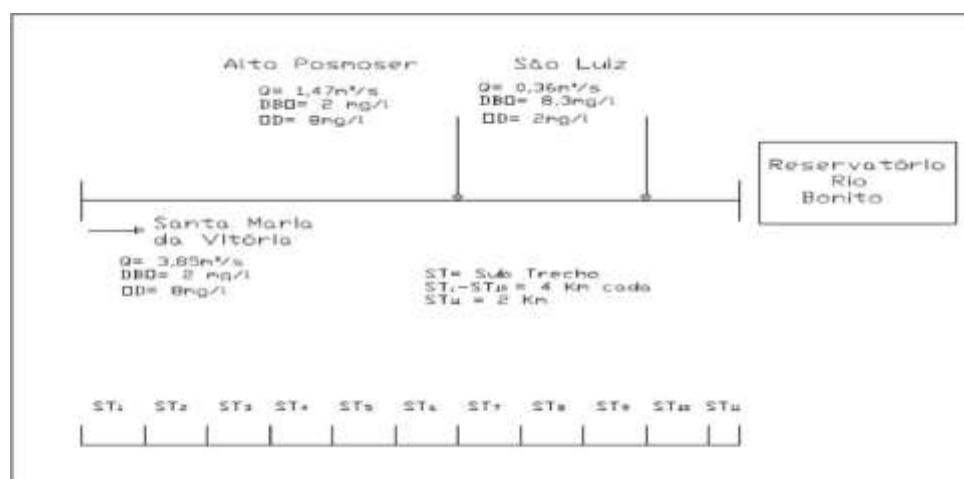


Figura 3: Representação esquemática do sistema hídrico a ser estudado. FONTE: Adaptado de [Salim 2004].

O principal objetivo deste artigo é estabelecer alternativas de eficiências de tratamentos de efluentes necessárias a múltiplas fontes de poluição pontual, utilizando diferentes condições de enquadramentos de corpos d'água e diferentes alternativas de gerenciamento nos seguintes cenários:

Cenário 1 – Considerou-se o lançamento de cinco efluentes de mesma carga ($P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = 0,07 \text{ m}^3/\text{s}$), distribuídos ao longo do corpo d'água, mais especificamente nos quilômetros 8, 16, 25, 32 e 40 no Rio Santa Maria da Vitória. Os tributários, representados - rios Alto Posmoser e São Luiz - encontram-se, respectivamente, nos quilômetros 24 e 36.

Cenário 2 – Neste cenário considerou-se o lançamento de cinco efluentes com diferentes cargas de poluição, em função das vazões que assumiram, por ponto de disposição final, os valores de $P_1 = 0,09 \text{ m}^3/\text{s}$, $P_2 = 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$, $P_3 = 0,07 \text{ m}^3/\text{s}$, $P_4 = 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ e $P_5 = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cenário 3 – Foi definida uma situação hipotética em que a vazão do rio Posmoser igualou-se à do Rio Santa Maria da Vitória, influenciando de forma mais significativa na capacidade de autodepuração ao longo do curso d'água em estudo. Considerou-se o lançamento de quatro pequenas fontes à montante do Rio Alto Posmoser, todas no valor de $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$, e de uma fonte de carga superior às demais à jusante do mesmo, no valor de $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$.

Neste trabalho utilizou-se uma adaptação do modelo QUAL-UFMG, na qual houve a reprodução deste modelo através do MATLAB, um software interativo de alto desempenho, de modo que simulações de oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) puderam ser realizadas, desconsiderando a influência da nitrificação.

O problema de otimização que caracteriza o problema estudado consiste na obtenção de um conjunto de cinco eficiências de remoção de matéria orgânica, uma para cada estação de tratamento de esgoto

(ETE) que eventualmente seria instalada nos pontos de lançamento de efluentes na porção superior do rio Santa Maria da Vitória, atendendo-se às restrições relativas à qualidade de água impostas pelos padrões de qualidade ambiental.

Supondo-se que o custo de construção de cada estação é proporcional à eficiência de remoção de DBO, o problema passa a ser representado pela busca de valores de eficiências cuja soma seja mínima, atendidas as restrições estabelecidas para o problema. O problema de minimização é representado pela equação 3.

$$\begin{aligned}
 \min[f(E)] = & \sum_{i=1}^5 E_i \\
 \text{s.t.} \quad & E_i \leq 95 \\
 & E_i \geq 60 \\
 & DBO_{\text{esgoto-tratado}} \leq DBO_{\text{esgoto-bruto}} \\
 & DBO_{\text{esgoto-tratado}} \geq 0 \\
 & DBO_{\text{curso-d'agua}} \leq 5 \\
 & OD_{\text{curso-d'agua}} \geq 5
 \end{aligned} \tag{3}$$

Nas expressões anteriores E_i representa a eficiência do i -ésimo sistema de tratamento de esgotos considerado para a bacia em estudo, $OD_{\text{curso-d'agua}}$ a concentração de Oxigênio Dissolvido no curso d'água e $DBO_{\text{esgoto-tratado}}$, $DBO_{\text{esgoto-bruto}}$ e $DBO_{\text{curso-d'agua}}$, os valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio para o esgoto tratado, esgoto bruto e curso d'água, respectivamente.

Como os cursos d'água que compõem a bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória não passaram por processo de enquadramento, foram considerados, conforme estabelece Artigo 42 da Resolução Conama no 357/2005, como rios Classe 2. Desta forma, os padrões de qualidade estabelecidos para DBO e OD em rios classe 2 deram forma às restrições $DBO_{\text{curso-d'agua}} \leq 5$ e $OD_{\text{curso-d'agua}} \geq 5$ incorporadas à equação 3.

A Resolução CONAMA no 430/2011, por intermédio do Artigo 21, estabelece que a concentração máxima de DBO no efluente tratado não deve superar 120 mg/L. No entanto, a Resolução indica que a referida concentração poderá ser ultrapassada naquelas situações em que o sistema de tratamento apresentar eficiência mínima de 60% para remoção DBO (o que justifica a incorporação da restrição $E_i \geq 60$ no conjunto de restrições) ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

4.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Num primeiro momento foram estabelecidos os perfis de OD e DBO para cada cenário considerando-se o lançamento de esgotos brutos nos diferentes possíveis pontos de disposição final de efluentes. Este primeiro conjunto de simulações permitiu verificar a adequação das concentrações dos parâmetros analisados às restrições impostas pela legislação ambiental. Os resultados obtidos nesta etapa estão representados na figura 4.

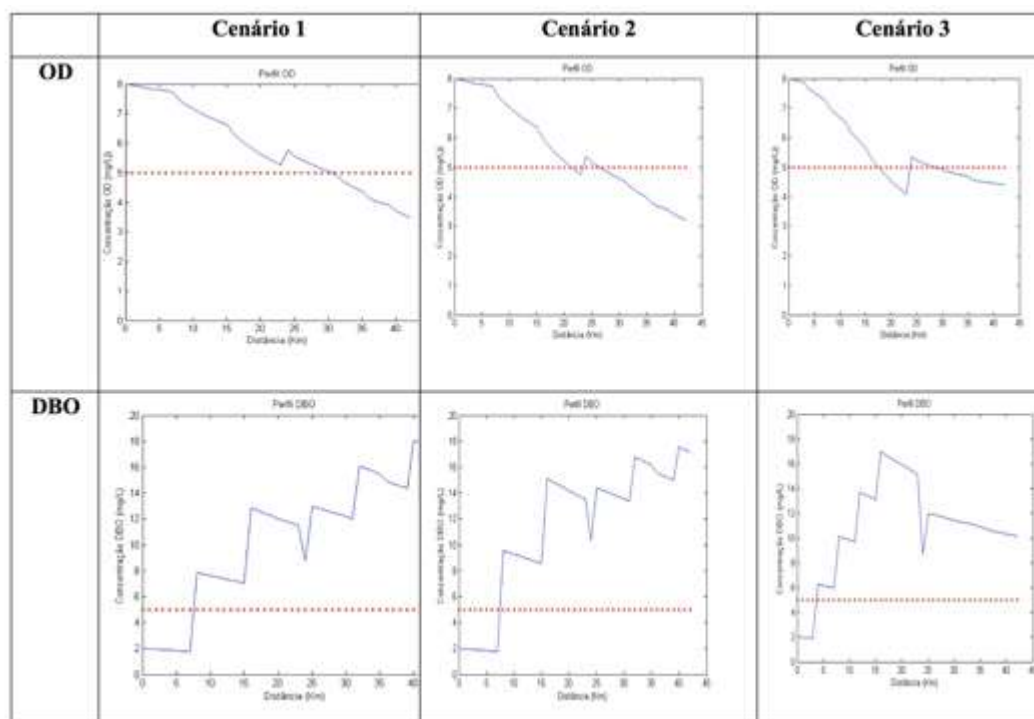


Figura 4: Perfil de OD e DBO relativos aos cenários considerados para lançamento de esgoto bruto. A aplicação da metaheurística GRASP para a resolução do problema de otimização estabelecido pela equação 3 permitiu, por cenário hipotético de disposição final de efluentes considerado nesse estudo, a definição de eficiências de tratamento de esgoto que possibilitaram o atendimento aos padrões de qualidade ambiental referentes aos parâmetros de OD e DBO. Os perfis de concentração de OD e DBO que seriam produzidos com a adoção das eficiências de tratamento estimadas estão representadas graficamente pela figura anterior.

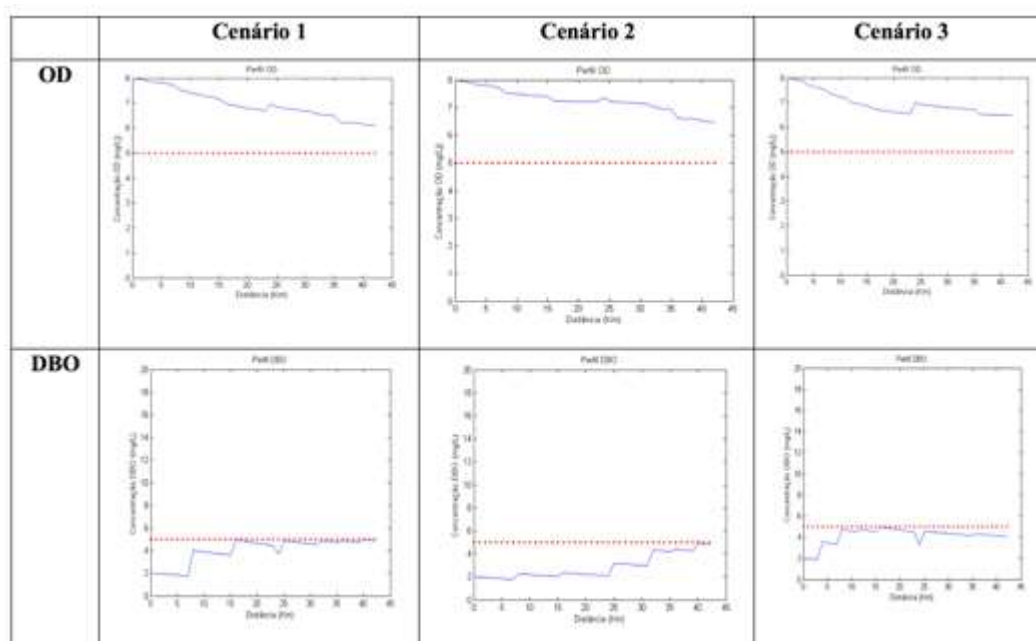


Figura 5: Perfil de OD e DBO relativos aos cenários considerados para lançamento de esgoto bruto. Como as restrições que dão forma ao problema impõem o atendimento dos padrões de qualidade, a incorporação dos sistemas de tratamento com as eficiências estabelecidas por meio da técnica de otimização permitiram que as concentrações de OD se mantivessem acima de 5mg/L e as concentrações de DBO abaixo de 5mg/L no trecho do rio Santa Maria da Vitória, objeto de estudo. Neste trabalho, a utilização de um algoritmo exaustivo, capaz de varrer todas as possibilidades inteiras de valores de eficiência de tratamento associadas a cada cenário, possibilitou a determinação das soluções ótimas globais relativas a todos os cenários. Deste modo, foi possível estabelecer uma comparação entre os valores obtidos por meio do método e aqueles obtidos pela metaheurística GRASP, como pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1: Valores de eficiência (em % e por ponto de disposição de efluente) obtidos pela metaheurística GRASP e pelo método Exaustivo.

METAHEURÍSTICA						
GRASP	P1	P2	P3	P4	P5	SOMA
CENÁRIO 1	64	76	74	87	89	390
CENÁRIO 2	93	92	73	74	60	392
CENÁRIO 3	61	67	87	91	60	366
MÉTODO EXAUSTIVO	P1	P2	P3	P4	P5	SOMA
CENÁRIO 1	68	70	71	88	92	389
CENÁRIO 2	95	95	80	60	60	390
CENÁRIO 3	61	62	91	91	60	365

A figura 6: apresenta uma comparação entre as somas das eficiências obtidas pela aplicação do método exaustivo e o GRASP:

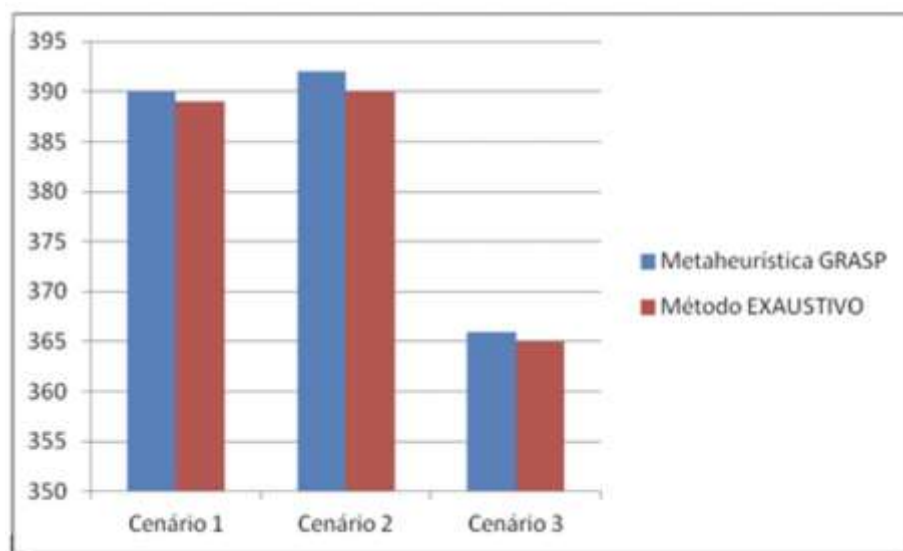


Figura 6: Comparação entre as somas das eficiências obtidas pela aplicação do método Exaustivo e GRASP.

Os tempos de execução dos algoritmos referentes ao método Exaustivo e à metaheurística GRASP também foram apropriados e os valores obtidos encontram-se reunidos na tabela 2.

Tabela 2: Tempos de execução dos algoritmos referentes ao método Exaustivo e à metaheurística GRASP

Cenário	Tempo de execução (s)	
	Metaheurística GRASP	Método EXAUSTIVO
1	2,78	$6,28 \times 10^3$
2	2,77	$6,26 \times 10^3$
3	2,81	$6,55 \times 10^3$

A partir da comparação entre os valores de eficiência obtidos pela metaheurística GRASP e pelo método Exaustivo, pode-se perceber que os valores de eficiência apropriados pelas referidas abordagens são significativamente próximos. A diferença percentual média entre os somatórios das eficiências obtidas em cada abordagem foi menor que 1%, independente do cenário considerado. No entanto, a análise dos tempos de execução permitiu observar que o GRASP, na aplicação proposta neste estudo, gerou soluções de boa qualidade com tempos de processamentos significativamente

inferiores aos valores obtidos pelo método Exaustivo, apresentando tempos de processamento cerca de mil vezes menores.

5.CONCLUSÃO

Foi possível concluir com o desenvolvimento deste trabalho que o modelo de qualidade de água desenvolvido no ambiente computacional do software MATLAB, estabelecido a partir da adaptação do modelo QUAL-UFMG, apresenta-se como uma ferramenta de simples aplicação, por- tanto útil nos estudos de modelagem da qualidade de águas interiores. Os resultados obtidos através das simulações realizadas possibilitaram avaliar as condições de qualidade do corpo hídrico consi- derando o lançamento de efluentes brutos e indicaram que os padrões ambientais relacionados ao OD e à DBO, em diferentes condições de disposição de efluentes representadas pelos três cenários avaliados não seriam atendidos. Além disso, a metaheurística GRASP demonstrou-se eficiente na solução do problema objeto deste trabalho, uma vez que sua aplicação proporcionou à obtenção de soluções consistentes com baixos tempos de execução. As simulações realizadas após a incorpo- ração das eficiências obtidas pela utilização da metaheurística GRASP indicaram que os padrões ambientais estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 seriam respeitados.

6. REFERÊNCIAS

- ALBERTIN, L. L. Técnica de Gerenciamento da Qualidade Hídrica Superficial Baseada na Otimização Multiobjetivo. 2008. 193 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- ARAÚJO, A. F. Aplicação de Meta-heurísticas para a Solução do Problema de Programação de Horários de Irrigação. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- FESTA, P.; RESENDE, M.G.C. GRASP: An Annotated Bibliography. In C.C. Ribeiro and P. Hansem, editors, Essays and Surveys on Metaheuristics, 325-367, Kluwer Academic Publishers, 2002.
- LANNA, A. E. Introdução. In: PORTO, R. L. L. (Org.). Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos. Rio Grande do Sul: Ed: UFRGS, 2002.
- LYNN, W. R.; LOGAN, J. A.; CHARNES, A. System Analysis for Planning Waste Water Treatment Plants. Journal of Water Pollution Control Federation, v. 34, n. 6, p. 565-581, 1962.
- MENDONÇA, A. S. F.; ALMEIDA, M. M. Definição de Alternativas de Eficiências de Tratamento de Efluentes para Manutenção de Padrões Ambientais. In: Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa; ABRH; p.501-510, 2005.
- OSMAN, I. H.; LAPORTE, G. Metaheuristics: A bibliography. Annals of Operations Research, v. 63, n. 5, p. 513–623. 1996.
- REVELLE, C. S.; LOUCKS, D. P.; LYNN, W. R. Linear Programming Applied to Water Quality Management. Water Resources Research, v. 4, p. 1-9, 1968.
- ROQUES, T. V. P. Aplicação de Modelos Computacionais na Análise de Outorga para Diluição de Efluentes em Corpos d'água: Fontes Pontuais e Difusas. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.
- SAADATPOUR, M.; AFSHAR, A.. Waste Load Allocation Modeling with Fuzzy Goals; Simulation-Optimization Approach. Springer, Iran, n. , p.1-18, 17 ago. 2006.
- SALIM, F.P.C. Desenvolvimento de Sistema de Suporte a Decisão para o Gerenciamento da Qualidade das Águas em Rios Considerando Múltiplas Fontes de Poluição Pontual. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

SPERLING, M. V. Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996. 2a.ed. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte, DESA/UFMG. 2007.

TORRES, Avani Terezinha Gonçalves. Reflexões sobre o Conceito da Água como Mercadoria. In: II Semageo, 2005, João Pessoa. Reflexões sobre o conceito da água como mercadoria., 2005. v. 1.

WANG, C. G.; JAMIESON, D. G. An objective Approach to Regional Wastewater Treatment Planning. Water Resources Research, v. 38, n. 3, p. 4-1 - 4-8, 2002.

Capítulo 4



10.37423/220405698

ANÁLISE QUALITATIVA DA ADERÊNCIA ENTRE O PROCESSO DE CONTRATAÇÃO DE SOLUÇÕES DE TICS DA IN/SGD/ME 01/2019 E O MODELO CMMI SUPPLIER SPM NÍVEL 2

Luiz Sérgio Plácido da Silva

Universidade Federal de Pernambuco

Juliano Manabu Iyoda

Universidade Federal de Pernambuco

Alexandre Marcos Lins de Vasconcelos

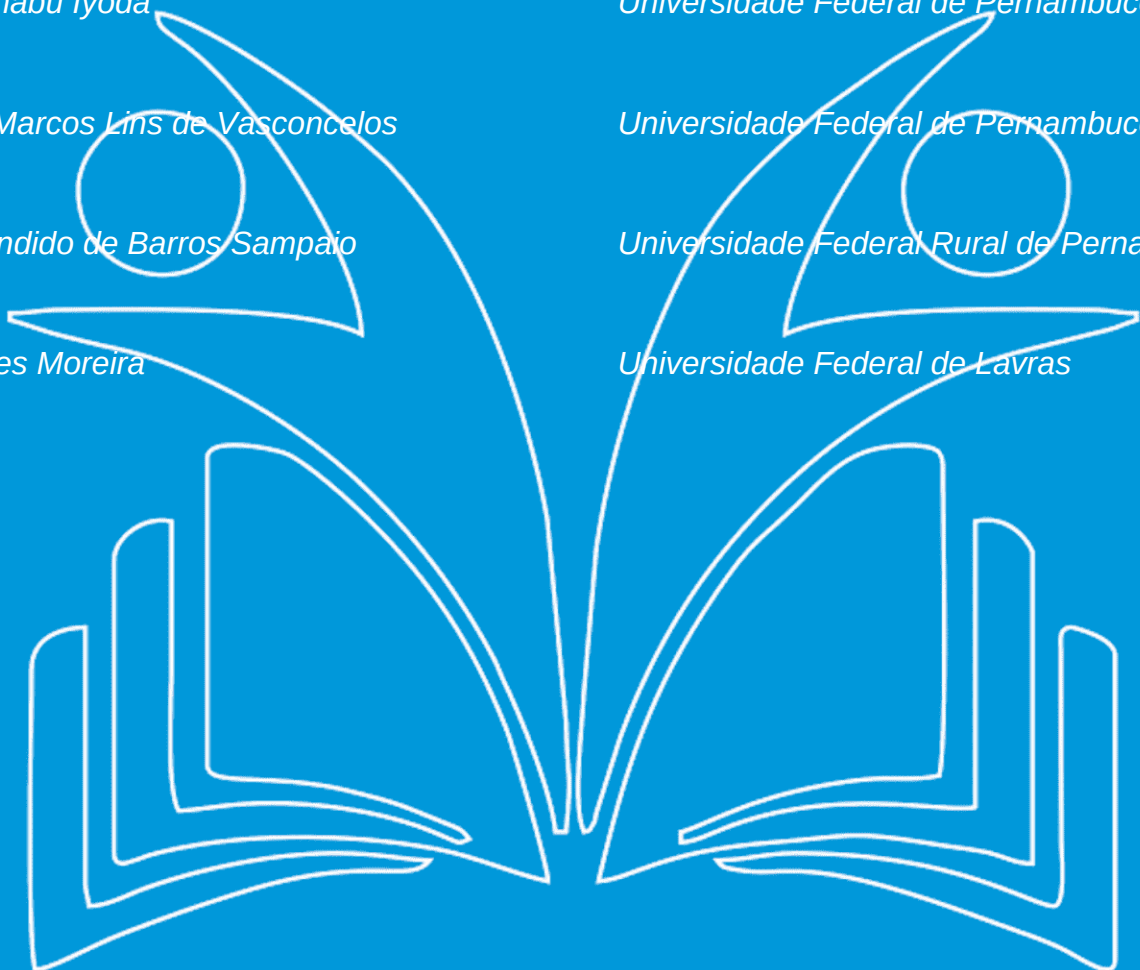
Universidade Federal de Pernambuco

Suzana Cândido de Barros Sampaio

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Renata Teles Moreira

Universidade Federal de Lavras



Resumo: A velocidade da informação, uma característica da economia atual baseada no consumo de serviços e soluções, exige das organizações, tanto públicas quanto privadas, flexibilidade, adaptabilidade e rapidez no desenvolvimento de produtos. Metodologias e padrões de qualidade disseminados no mercado como os modelos CMMI (*Capability Maturity Model Integration*), são adotados pelas organizações que buscam a melhoria contínua de processos no desenvolvimento de serviços e soluções de TIC, visando atender às necessidades dos clientes.

Estas metodologias e padrões têm como objetivo apoiar as organizações no aumento da capacidade e maturidade de seus processos. Na Administração Pública Federal (APF) brasileira, a adoção de metodologias e padrões possui diversos desafios, tais como, a complexidade dos processos e a necessidade de fiscalização contínua pelos órgãos de controle. Para diminuir estes desafios, a Secretaria do Governo Digital (SGD) do Ministério da Economia (ME) publicou a Instrução Normativa IN SGD ME 01/2019, definindo diretrizes para o novo Processo de Contratação de Soluções de TIC (PCSTIC) pelos Órgãos ligados ao Poder Executivo Federal.

Este trabalho tem como objetivo, identificar a aderência do novo PCSTIC presente na Instrução Normativa IN SGD ME 2019 em relação ao modelo CMMI *Supplier Management* (SPM). Para isto, foi realizado um mapeamento, tendo como resultados a aderência entre as atividades do PCSTIC e o modelo CMMI SPM no nível 2 de maturidade.

Palavras-chave: Aquisição, Melhoria de Processos, Modelos CMMI, Instrução Normativa, IN SGD ME 01/2019.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento da demanda por serviços e soluções de tecnologia da informação e comunicação (TIC), diversos desafios têm surgido no mercado e as organizações, tanto públicas quanto privadas, precisam se preparar para atenderem a alta demanda de seus clientes e negócios [1], [2]. Estes desafios têm exigido cada vez mais flexibilidade, adaptabilidade, qualidade e rapidez no desenvolvimento de produtos, em uma sociedade marcada pelo alto consumo de serviços e soluções de TIC [3], [4]. Se observarmos somente o cenário nacional brasileiro, estes desafios se intensificam ainda mais, uma vez que, 95% deste mercado é composto por empresas de micro e pequeno porte e, estas empresas demonstram dificuldades e imaturidade na gestão de seus negócios [5].

Como forma de atender as demandas surgidas no mercado, as organizações adotam, cada vez mais, padrões de qualidade para melhorar continuamente os seus processos, com objetivo de satisfazer as reais necessidades dos clientes e negócios [6]. Dentre estes padrões, destacam-se os modelos CMMI (*Capability Maturity Model Integration*), que definem um conjunto de áreas e práticas, que ao serem executadas, promovem um nível de capacidade e maturidade nos processos. Os modelos CMMI possuem 03 (três) visões: CMMI para aquisição de produtos de serviços (CMMI-SPM); CMMI para desenvolvimento de software (CMMIDEV); e, CMMI para Serviços (CMMI-SVC) [7]. Além disso, possui também, um modelo de *benchmarking* para avaliação da melhoria de processos.

Sob um outro aspecto, o Governo Federal Brasileiro figura entre os principais mercados usuários de serviços e soluções de TIC no Brasil, destacando-se entre os maiores compradores e consumidores [5], [8]. Se analisarmos apenas o Poder Executivo da Administração Pública Federal Brasileira (APF), as contratações de soluções de TIC demandaram gastos em torno de R\$ 8 bilhões em 2018, disseminados em 3,4 mil contratos [9], [10].

Dado o alto volume de recursos gastos, o Tribunal de Contas da União (TCU), tem fiscalizado frequentemente as contratações de soluções de TIC da APF. Por meio de auditorias, o TCU tem relatado irregularidades como: ausência de processos, dificuldades em planejamento, ausência de documentos, existência de artefatos inacabados, dificuldades em executar e gerenciar os processos e as atividades relacionadas às contratações, dentre outros [10], [11]. Adicionado a isto, os trabalhos publicados na literatura relatam também, a adoção de práticas com base em leis, normas e jurisprudências, destacando a complexidade, o excesso de burocracia, a ausência de um processo adequado, e a falta de conhecimento por parte dos envolvidos [12].

Estes relatos, destacam a relevância e a complexidade do tema, reforçando a existência de falhas que carecem de uma atenção dos gestores e órgãos de controle, já que, compreender adequadamente o processo de contratação pela APF é crucial para que as instituições alcancem os seus objetivos.

Com o objetivo de diminuir as irregularidades encontradas pelos órgãos de controle, a Secretaria de Governo Digital (SGD), do Ministério da Economia (ME), publicou o novo Processo de Contratação de Soluções de TIC, aqui chamado de PCSTIC, presente na Instrução Normativa (IN) SGD/ME 01/2019, aqui chamada de IN01/2019, visando melhorar e maximizar as contratações no contexto dos órgãos integrantes do Sistema de Administração dos Recursos de Tecnologia da Informação (SISP) do Poder Executivo Federal [12], [13], [14].

Este trabalho apresenta uma análise de aderência das atividades do PCSTIC em relação às práticas do modelo CMMI-SPM. Esta análise foi realizada por meio de um mapeamento que possibilitou identificar a cobertura e o atendimento das práticas do nível 2 de maturidade do modelo CMMI-SPM (versão 2.0), em relação às atividades previstas no PCSTIC da IN01/2019.

O nível 2 de maturidade foi utilizado, uma vez que, este é o nível amplamente utilizado pela indústria de TIC [7].

Destaca-se aqui que, este trabalho faz parte da evolução de pesquisas realizadas e publicadas sobre o tema [15], [16], [17], sendo ainda uma continuação e evolução das ações de pesquisas relacionadas aos Grandes Desafios de Pesquisa em Sistemas de Informação no Brasil (GrandSI-BR 2016-2026) [18], [19].

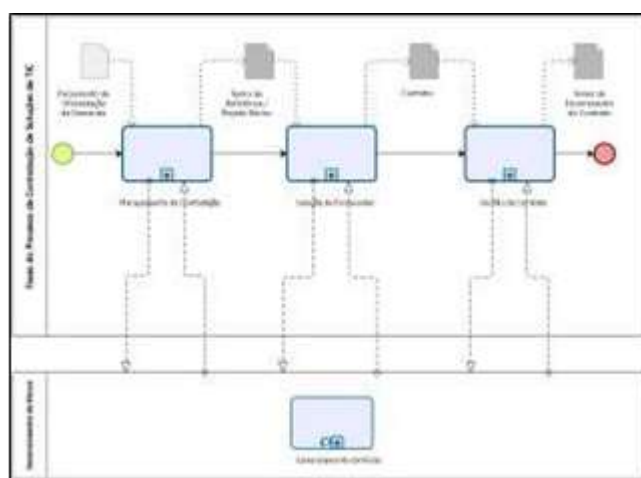
Além desta seção introdutória, este artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta uma breve revisão bibliográfica; a Seção 3 apresenta a metodologia de pesquisa adotada no trabalho; a Seção 4 destaca detalhes da condução da pesquisa; as seções 5 e 6 discutem a análise dos resultados; e por fim, a Seção 7, apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A INSTRUÇÃO NORMATIVA IN/SGD/ME 01/2019 E O PROCESSO DE CONTRATAÇÃO DE SOLUÇÕES DE TIC

A Instrução Normativa IN01/2019 define novas regras para as contratações de soluções de tecnologia da informação e comunicação (TIC) por parte do Poder Executivo Federal [20].

Por fim, no Capítulo III, encontra-se o PCSTIC e suas 03 (três) fases: (i) planejamento da contratação, (ii) seleção do fornecedor e (iii) gestão do contrato. Além disso, tem-se ainda a gestão de riscos, como um processo que deve ser executado durante todas as fases da contratação, conforme demonstrado na Figura 1.



A fase de planejamento da contratação é destinada à definição dos elementos da contratação imprescindíveis à gestão e execução do contrato. A fase de seleção do fornecedor é destinada a eleger o fornecedor mais adequado ao atendimento da necessidade da contratação.

3.2 MODELOS CMMI E CMMI SUPPLIER MANAGEMENT (SPM)

Os modelos CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) são compostos por visões que definem modelos de maturidade para Aquisição (CMMI SPM), Desenvolvimento (CMMI DEV) e Serviços (SVC).

Além disso, é definido um modelo de *benchmarking* que consiste em um conjunto de componentes importantes utilizados em avaliações de capacidade e maturidade de processos [7].

O modelo CMMI SPM, descreve (05) níveis de maturidade que contêm um conjunto de áreas de capacidade e áreas de práticas relacionadas à aquisição de produtos, bens e serviços, que ao serem satisfeitas, aferem um nível de capacidade e maturidade de processos.

O modelo CMMI SPM, versão 2.0, possui 19 (dezenove) áreas de práticas, distribuídas em 08 (oito) áreas de capacidade, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Áreas de Capacidade e Áreas de Prática do Modelo CMMI SPM

Área de Capacidade	Áreas de Prática
Planejamento e Gestão do Trabalho	Planejamento
	Estimativas
	Monitoramento e Controle
Seleção e Gestão de Fornecedores	Gestão de Contrato de Fornecedor
	Seleção do Fornecedor
Suporte a Implementação	Análise e Resolução de Causas
	Análise de Decisão e Resolução
	Gestão de Configuração
Melhoria do Desempenho	Gestão de Processos
	Desenvolvimento de Ativos de Processos
	Gestão de Desempenho e Medição
Garantia da Qualidade	Desenvolvimento e Gestão de Requisitos
	Garantia da Qualidade do Processo
	Verificação e Validação
	Revisão por Par
Gestão da Resiliência do Trabalho	Gestão de Riscos e Oportunidades
Gestão da Força de Trabalho	Treinamento Organizacional
Sustentação do Hábito e Persistência	Governança
	Infraestrutura para Implementação.

METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia adotada neste trabalho é de natureza qualitativa [21], por ser uma abordagem mais apropriada para as necessidades desta pesquisa, que visa compreender e avaliar a aderência de uma norma em relação a um modelo de maturidade. A metodologia é composta por 03 (três fases): revisão de literatura, realização do mapeamento e validação dos resultados.

A primeira fase aborda a Revisão da Literatura, com o objetivo de compreender os assuntos relativos ao tema da pesquisa. De uma forma mais ampla, também foi realizado buscas sobre mapeamento de processos em relação ao CMMI. Neste universo, existem trabalhos que mapeiam o CMMI a outros modelos e normas [22]. No entanto, excetuando-se trabalhos anteriores desenvolvidos pelos autores deste artigo [15], [16], [17], não foram encontrados mapeamentos do CMMI a uma instrução normativa.

A segunda fase da metodologia está relacionada à Execução do Mapeamento. Esta fase é composta por 07 (sete) atividades e foi realizada por meio da adaptação de um método [15], conforme demonstrado na Figura 2.



Figura 2: Método de Mapeamento (Adaptado de [14], [15] [16])

O mapeamento comparou as atividades do PCSTIC e as práticas do modelo CMMI SPM. De acordo com [22], o mapeamento é uma das técnicas mais utilizadas na literatura para comparar atividades entre normas e modelos.

Por fim, a terceira fase, trata da validação dos resultados por meio de uma inspeção com especialistas, com base na técnica Walkthrough [23].

5. EXECUÇÃO PESQUISA

Tanto o PCSTIC quanto o modelo CMMI SPM possuem características, particularidades e objetivos distintos. Inicialmente, os aspectos de cada um deles foram analisados criteriosamente, a fim de considerar os detalhes importantes para a sua compreensão.

Esta análise possibilitou a criação da estrutura necessária para todo o processo de mapeamento, sendo consideradas as atividades presentes no PCSTIC e as áreas de prática do modelo CMMI SPM no nível 2 de maturidade. Dessa forma, o escopo do trabalho foi delimitado, conforme apresentado na Figura 3.

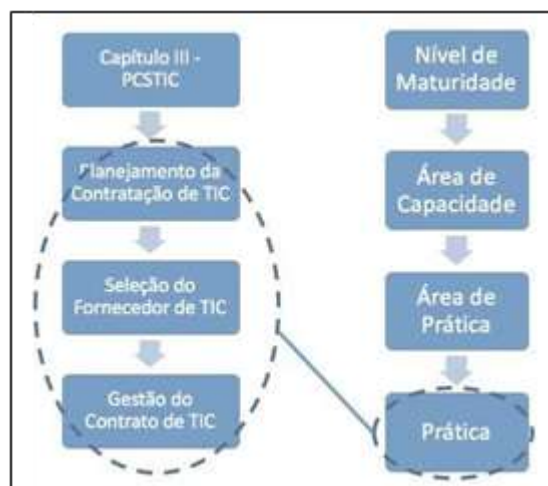


Figura 3: Delimitação do Escopo do Trabalho

Na IN01/2019, foi considerado todo o PCSTIC e suas fases que estão descritos no capítulo III. Para o mapeamento, os itens normativos foram generalizados por meio da identificação de atividades. Estas atividades foram retiradas dos artigos, caputs, incisos, alíneas e parágrafos do PCSTIC. No modelo CMMI SPM, foram consideradas as práticas específicas presentes em cada área de prática. Além disso, a IN01/2019 foi selecionada como norma de origem e o modelo CMMI SPM, como destino.

Vale destacar que, enquanto o PCSTIC define “o que” e “como” deve ser realizado, o modelo CMMI SPM define apenas “o que” é necessário, por meio de práticas que contêm itens requeridos ou resultados esperados na execução de um processo.

Posteriormente, critérios objetivos para a classificação do atendimento das atividades do PCSTIC em relação ao modelo CMMI SPM foram definidos. Estes critérios foram inspirados no método SCAMPI (*Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement*) [7], que permite a avaliação da aderência de processos organizacionais em relação aos modelos CMMI.

Dessa forma, a classificação da atribuição foi feita de maneira uniforme, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Critérios de Classificação

Critério de Classificação			Definição
Sigla	Descrição	Atribuição	
ATDP	Atende Parcialmente	0,5	A atividade do PCSTIC da IN01/2019 descreve algum tipo de enfoque, apresentando evidências/resultados que sugerem que a sua devida implementação Atende Parcialmente à(s) prática(s) específica(s) da(s) área(s) de prática do Modelo CMMI 2.0, sendo atribuído o valor 0.5
ATDL	Atende Largamente	0,75	A atividade do PCSTIC da IN01/2019 descreve um enfoque sistemático, apresentando evidências/resultados que sugerem que a sua devida implementação Atende Largamente à(s) prática(s) específica(s) da(s) área(s) de prática do Modelo CMMI 2.0, sendo atribuído o valor 0.75.
ATDT	Atende Totalmente	1	A atividade do PCSTIC da IN/SGD/ME 01/2019 descreve um enfoque completo, apresentando evidências/resultados que sugerem que a sua devida implementação Atende Totalmente à(s) prática(s) específica(s) da(s) área(s) de prática do Modelo CMMI 2.0, sendo atribuído o valor 1.
NATD	Não Atende	0	A atividade do PCSTIC da IN/SGD/ME 01/2019 descreve pouca ou nenhuma evidência/resultado, o que sugere que a sua devida implementação Não Atende à(s) prática(s) específica(s) da(s) área(s) de prática do Modelo CMMI 2.0, sendo atribuído o valor 0.

Logo após, foram analisados os elementos que representam a estrutura do PCSTIC. Estes elementos detalham as informações essenciais para a realização do mapeamento, conforme apresentado na Figura 4.

**Figura 4: Representação da Estrutura do PCSTIC**

Da mesma forma, no modelo CMMI SPM, também foram analisados os elementos que detalham a arquitetura do modelo, conforme apresentado na Figura 5.



Figura 5: Elementos do Modelo CMMI SPM

Na análise dos elementos, um formulário padrão foi elaborado, contendo um subconjunto das informações do PCSTIC e do modelo CMMI SPM conforme apresentado na Figura 6

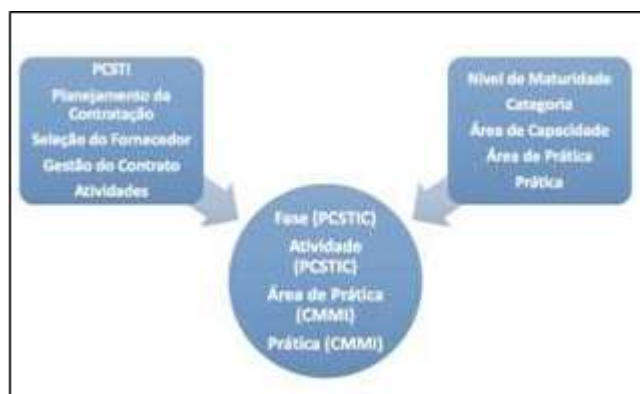


Figura 6: Componentes de Análise

Adicionalmente, foi incluído um campo de “Pontuação” para atribuição da nota conforme os critérios de classificação. O formulário padrão de análise foi elaborado contendo as informações adotadas no formulário padrão de mapeamento (Figuras 4 e 5). Este formulário é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Amostra de Análise do PCSTIC em relação ao Modelo CMMI-SPM

Fase	Atividade (PCSTIC)	Área de Prática (CMMI)	Prática (CMMI)	Pontuação
PC	Indicar Integrante Técnico	PLAN	2.2. Planejar conhecimento e habilidades necessárias para realizar o trabalho.	1,0
SF	Publicar instrumento convocatório	VV	2.1 Selecionar componentes e métodos para verificação e validação.	0,5
GC	Avaliar qualidade	PQA	2.4. Registrar e utilizar resultados das atividades de garantia da qualidade	0,75

A análise do mapeamento foi realizada para todas as atividades e fases, de forma que o PCSTIC fosse totalmente coberto. Para auxiliar na comparação entre o PCSTIC e o modelo CMMI SPM, um cálculo foi definido. Esta comparação foi realizada por meio da contagem do percentual (%) de cobertura e o atendimento dos das atividades do PCSTIC em relação às práticas do modelo CMMI SPM. O cálculo foi realizado automaticamente no formulário, considerando o somatório total de práticas atendidas pelas atividades do PCSTIC dividido pela quantidade de práticas existentes para cada área de prática do modelo CMMI SPM, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Classificação do Grau de Atendimento

Área: Gerência de Configuração			
Prática	Descrição	Pontuação	Frequência
CM 1.1	Execute o controle de versão	1	1
CM 2.1	Identifique os itens a serem colocados sob o gerenciamento de configuração.	0	0
CM 2.2	Desenvolva, mantenha-se atualizado e use um sistema de gerenciamento de configuração e mudança.	1	2
CM 2.3	Desenvolva ou libere linhas de base para uso interno ou para entrega ao cliente.	0.75	1
CM 2.4	Gerenciar alterações nos itens sob gerenciamento de configuração.	1	1
CM 2.5	Desenvolva, mantenha atualizado e use registros que descrevem itens sob gerenciamento de configuração.	0.75	1
CM 2.6	Realize auditorias de configuração para manter a integridade das linhas de base, mudanças e conteúdo do sistema de gerenciamento de configuração.	0	0
% de Aderência		64.29%	

Com base nos resultados gerados, foi possível realizar a comparação e análise da aderência do modelo CMMI SPM nível 2 em relação ao PCSTIC. Esta comparação foi realizada por meio da análise do atendimento e da cobertura das práticas do modelo CMMI SPM em relação às atividades previstas no PCSTIC.

Por fim, os resultados foram validados por meio da técnica Walkthrough envolvendo especialistas com conhecimento e experiência no tema da pesquisa. Para esta validação, foram adotados critérios conforme demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5. Critérios de Validação do Mapeamento

Critério	Descrição
Sem problema (SP)	Não foi identificado problema.
Problema técnico alto (PTA)	Foi identificado problema de alto impacto que, se não for considerado, compromete os resultados.
Problema técnico baixo (PTB)	Foi identificado problema de baixo impacto, que é recomendado considerar.
Sugestão de melhoria (SM)	Foi identificado oportunidade de melhoria que pode ou não ser considerada.
Dúvida (DV)	Foram identificados questionamentos.

Nos resultados da validação foram encontrados: (i) 102 itens (48,3%) sem problemas (SP); (ii) 24 itens (11,4%) com problema técnico alto (PTA); (iii) 38 itens (18,0%) com problema técnico baixo; (iv) 28 itens (13,3%) de sugestão de melhorias; e, (v) 20 itens (9,4%) de questionamentos.

Ao concluir a fase de validação, os resultados foram consolidados considerando as modificações realizadas decorrentes dos ajustes sugeridos. Dessa forma, a inspeção resultou em mudanças significativas no mapeamento, contribuindo assim para a criação da versão final validada. Todos os itens com problema técnico (alto e baixo) foram ajustados.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Alguns aspectos importantes foram identificados na consolidação dos resultados do mapeamento realizado entre o PCSTIC e o modelo CMMI-SPM no nível 2 de maturidade. Vale destacar que, neste nível, os processos são executados e gerenciados, ou seja, são planejados, realizados, monitorados e controlados a fim de alcançarem os seus objetivos.

Se analisarmos o CMMI SPM no nível 2, percebe-se que diversas áreas de práticas possuem um percentual (%) significativo de aderência com as atividades do PCSTIC, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6. Percentual (%) de Atendimento por Área

Área	Resultado	Meta (100%)	Percentual (%) de Atendimento
CAR	0	3	0,00%
CM	4.5	7	64,29%
DAR	6	7	85,71%
EST	4	4	100,00%
GOV	0	5	0,00%
II	0	3	0,00%
MC	5.25	6	87,50%
MPM	5.75	8	71,88%
OT	0	3	0,00%
PAD	3	4	75,00%
PCM	0	5	0,00%
PLAN	6.75	10	67,5%
PR	3	5	60,00%
PQA	4	5	80,00%
RDM	5.5	7	78,57%
RSK	3	3	100,00%
SAM	7	7	100,00%
SSS	6	6	100,00%
VV	2.5	5	50,00%

A gerência de configuração (CM) obteve 64,29% de aderência em relação às atividades previstas no PCSTIC. Esta área de prática tem por finalidade administrar a integridade dos produtos de trabalho usando identificação de configuração, controle de versão, controle de mudança e auditorias, visando a redução da perda de trabalho e o aumento da capacidade para entregar a solução correta ao cliente. Em relação ao PCSTIC, as práticas: (i) identificação dos itens de configuração (CM 2.1) e (ii) realização de auditorias de *baselines* (CM 2.6) não foram atendidas.

A análise de decisão e resolução (DAR) obteve 85,71% de aderência em relação às atividades previstas no PCSTIC. Esta área de prática tem por finalidade tomar e registrar as decisões com base em um processo e análise de alternativas, buscando a objetividade da tomada de decisão e a probabilidade de selecionar a melhor solução. No PCSTIC, a prática que trata de desenvolver e atualizar as regras para determinar o uso de um processo formal de tomada de decisão (DAR 2.1) não foi atendida.

A estimativa (EST) obteve 100,00% de aderência em relação às atividades previstas no PCSTIC. Esta área de prática tem por finalidade, estimar o tamanho, esforço, duração e custo do trabalho e recursos necessários para desenvolver, adquirir ou entregar um resultado. Dessa forma, as estimativas fornecem uma base para planejar e reduzir as incertezas do alcance dos objetivos de uma solução.

O monitoramento e controle (MC) obteve 87,50% de aderência em relação às atividades previstas no PCSTIC. Esta área de prática tem por finalidade fornecer o entendimento do progresso do projeto, para que ações corretivas sejam tomadas quando houver desvio em relação ao planejado,

aumentando a probabilidade de atingir melhores resultados. No PCSTIC, as práticas: (i) acompanhar os resultados em relação às estimativas de tamanho, esforço, cronograma, recursos, conhecimento e orçamento (MC 2.1); e, (ii) acompanhar o envolvimento das partes interessadas e dos compromissos mantidos não foram totalmente satisfeitas. A prática MC 2.1 foi parcialmente atendida enquanto a prática MC 2.2 foi largamente atendida.

A gestão do desempenho e medição (MPM) obteve 71,88% de aderência em relação às atividades previstas no PCSTIC. Esta área de prática tem por finalidade gerenciar o desempenho com base em indicadores para atingir os objetivos de negócio, visando maximizar o retorno de investimento, focando os esforços da gestão e melhoria no custo, prazo e qualidade. No PCSTIC, nenhuma prática de MPM foi totalmente satisfeita. A prática MPM 2.1 foi parcialmente atendida enquanto as demais práticas, (MPM 1.1, 1.2, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6) foram largamente atendidas.

O desenvolvimento de ativos de processos (PAD) obteve 75,00% de aderência em relação às atividades previstas no PCSTIC. Esta área tem por finalidade desenvolver e manter atualizados os ativos de processo necessários à execução do trabalho, contribuindo com a capacidade de entender e repetir o desempenho bem-sucedido. No PCSTIC, a prática que trata de desenvolver, comprar ou reutilizar ativos de processos (PAD 2.2) não foi atendida.

O planejamento (PLAN) obteve 67,50% de aderência em relação às atividades previstas no PCSTIC. Esta área de prática tem por finalidade desenvolver planos para descrever o que é necessário para realizar o trabalho dentro dos padrões e restrições de uma organização. O planejamento inclui orçamento, cronograma, recursos, pessoas, qualidade, requisitos, riscos e oportunidades, padrões, ativos de processos e diretrizes de adaptação, dependências, partes interessadas, dentre outros. O planejamento otimiza o custo, funcionalidade e a qualidade para aumentar a probabilidade de que os objetivos sejam alcançados. No PCSTIC, as práticas: (i) desenvolver e manter atualizada uma abordagem para o trabalho (PLAN 2.1); (ii) garantir que os planos sejam viáveis, reconciliando recursos disponíveis e estimados (PLAN 2.6); e, (iii) desenvolver o plano do projeto consistente com demais planos e mantê-lo atualizado (PLAN 2.7) não foram atendidas.

A revisão em pares (PR) obteve 60,00% de aderência em relação às atividades previstas no PCSTIC. Esta área de prática tem por finalidade identificar e resolver problemas de produtos de trabalho por meio de avaliações de especialistas, de forma a reduzir custos, retrabalho e defeitos antecipadamente. No PCSTIC, as práticas: (i) desenvolver e manter procedimentos atualizados e materiais de apoio utilizados para preparar e realizar revisões por pares (PR 2.1); e (ii) preparar e realizar revisões por

pares em produtos de trabalho selecionados com base em procedimentos estabelecidos (PR 2.3) não foram atendidas.

A garantia da qualidade (PQA) obteve 80,00% de aderência em relação às atividades previstas no PCSTIC. Esta área de prática tem por finalidade verificar e possibilitar a melhoria da qualidade dos processos executados e produtos de trabalho, visando aumentar o uso consistente e a melhoria dos processos, para maximizar os benefícios de negócio e a satisfação do cliente. No PCSTIC, a prática que aborda desenvolver, manter atualizado, e seguir uma abordagem de garantia de qualidade e planejar com base em dados de qualidade históricos (PQA 2.1) não foi atendida.

O desenvolvimento e gestão de requisitos (RDM) obteve 78,57% de aderência em relação às atividades previstas no PCSTIC. Esta área de prática tem por finalidade elicitar requisitos, garantir o entendimento comum das partes interessadas e alinhar requisitos, planos e trabalho produtos, de forma a garantir que as necessidades e expectativas do cliente sejam atendidas. No PCSTIC, as práticas: (i) desenvolva um entendimento com os provedores de requisitos (RDM 2.3); e (ii) certifique-se que os planos e atividades ou produtos de trabalho permaneçam consistentes com os requisitos (RDM 2.6) foram largamente atendidas. Já a prática de desenvolver, registrar e manter a rastreabilidade bidirecional entre requisitos e atividades ou produtos de trabalho (RDM 2.5) não foi atendida.

A gestão de riscos e oportunidades (RSK) obteve 100,00% de aderência em relação às atividades previstas no PCSTIC. Esta área de prática tem por finalidade identificar, registrar, analisar e gerenciar riscos ou oportunidades, a fim de mitigar impactos desfavoráveis ou capitalizar os impactos positivos para aumentar a probabilidade de atingir os objetivos.

A gestão do contrato do fornecedor (SAM) obteve 100,00% de aderência em relação às atividades previstas no PCSTIC. Esta área de prática tem por finalidade estabelecer um contrato com fornecedores, assegurando que este fornecedor e o adquirente cumpram os termos acordados ao longo do contrato, e os resultados do fornecedor sejam avaliados. Dessa forma, esta área de prática fornece um entendimento explícito entre o adquirente e o fornecedor para maximizar o sucesso do contrato em relação às entregas do fornecedor.

A seleção da fonte do fornecedor (SSS) obteve 100,00% de aderência em relação às atividades previstas no PCSTIC. Esta área tem por finalidade desenvolver e manter atualizado um pacote de materiais utilizados para buscar propostas de fornecedores potenciais e selecionar um ou mais fornecedores para entregar a solução. Logo, esta área de prática melhora a capacidade de selecionar os fornecedores mais qualificados para entregar melhores soluções.

A verificação e validação (VV) obteve 50,00% de aderência em relação às atividades previstas no PCSTIC. Esta área de prática tem por finalidade verificar se as soluções e componentes selecionados atendem aos seus requisitos e validar se estas soluções e componentes cumprem o uso pretendido em seu ambiente de uso, a fim de aumentar a probabilidade de satisfazer o cliente e suas necessidades. No PCSTIC, as práticas: (i) desenvolver, manter atualizado e usar o ambiente necessário para dar suporte à verificação e validação (VV 2.2); e (ii) desenvolver, manter atualizado e seguir os procedimentos de verificação e validação (VV 2.3) não foram atendidas.

Por fim, as áreas de análise de causa e resolução (CAR), governança (GOV), infraestrutura de implementação (II), treinamento organizacional (OT) e gestão de processos (PCM), não possuem aderência com as atividades previstas no PCSTIC.

Adicionalmente, estes mesmos resultados foram representados graficamente para melhorar a visualização do percentual (%) de atendimento de cada área de prática do modelo CMMI SPM em relação as atividades do PCSTIC, conforme demonstrado na Figura 7.

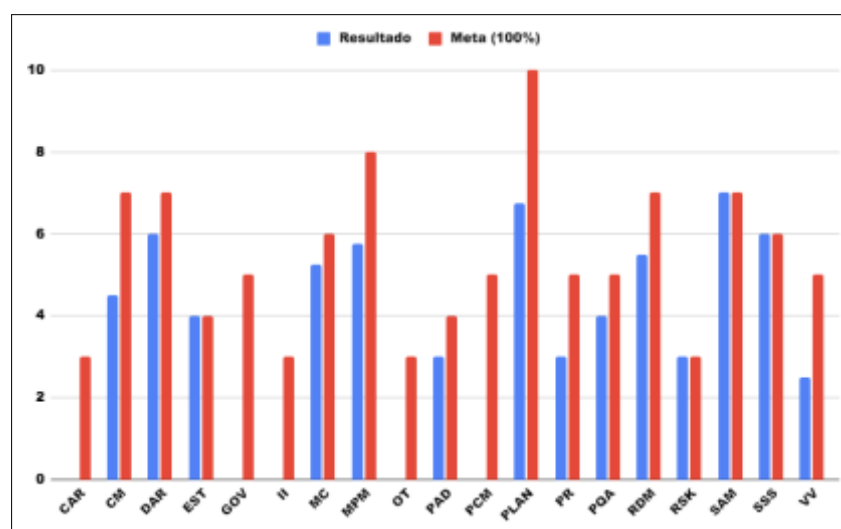


Figura 7. Aderência do PCSTIC ao Modelo CMMI-SPM

7.AMEAÇAS À VALIDADE

As principais ameaças à validade deste trabalho são as seguintes:

- O mapeamento está restrito às percepções e vivências dos autores. No entanto, o viés da pesquisa foi mitigado pela validação com a técnica Walkthrough que possibilitou um compartilhamento da visão entre pesquisadores (o autor principal fez o primeiro mapeamento totalmente isolado dos demais; e dois autores fizeram o Walkthrough posteriormente). Além

disso, os autores possuem vasta experiência na implementação e avaliação de modelos de qualidade como CMMI-SPM e equivalentes em empresas que são o público-alvo da IN01/2019.

- A inexistência de relatos de implementação, tanto do CMMI SPM na versão 2.0, quanto da utilização da IN01/2019 por empresas. Esta ameaça é minimizada considerando a experiência dos autores com empresas que implementaram versões anteriores dos modelos CMMI e utilizaram a norma IN/04/2014 (anterior a IN/01/2019), o que possibilitou uma visão de possível implementação do CMMI SPM.

8.CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a análise de aderência do Processo de Contratação de Soluções de TIC (PCSTIC) da Instrução Normativa IN SGD/ME 01/2019 e o modelo CMMI SPM. De acordo com a metodologia de pesquisa proposta no trabalho, um mapeamento foi executado a fim de comparar as atividades do PCSTIC e as práticas do modelo CMMI SPM no nível 2 de maturidade. Os resultados do mapeamento permitiram identificar o percentual (%) de aderência e de cobertura das atividades do PCSTIC em relação às áreas e práticas do modelo CMMI SPM.

O PCSTIC determina um conjunto de diretrizes para contratação de soluções de TIC por parte dos Órgãos ligados ao Poder Executivo da Administração Pública Federal Brasileira (APF). Já o modelo CMMI SPM, é composto por um conjunto de áreas e práticas destinadas à contratação de produtos e serviços, que ao serem executadas promovem um nível capacidade e maturidade nos processos.

No geral e em maior parte, as atividades presentes no PCSTIC atendem a diversas áreas e práticas do modelo CMMI SPM no nível 2 de maturidade. Vale destacar que neste nível, os processos são gerenciados por unidades de projetos ou serviços, sendo estes executados, gerenciados e mantidos para todas as áreas presentes no nível 2 de maturidade. Além disso, cada área do modelo CMMI SPM é estruturada por práticas que possuem níveis de capacidade que são evoluídas à medida que se é alcançada uma nova maturidade.

As áreas de análise de causa e resolução (CAR), governança (GOV), infraestrutura de implementação (II), treinamento organizacional (OT), e gestão de processos (PCM) foram classificadas como não atendidas, refletindo que o PCSTIC não define atividades relacionadas a estas áreas. Não fica explícito como é feito o alinhamento do PCSTIC com as atividades estratégicas do órgão, a realização de treinamentos, e o apoio da alta direção, assim como não há uma preocupação com o tratamento de defeitos/problemas e causas durante o processo.

As áreas de gerência de configuração (CM), gestão de desempenho e medição (MPM), planejamento (PLAN) e revisão em pares (PR) foram classificadas como atendidas parcialmente, indicando que as atividades do PCSTIC são insatisfatórias do ponto de vista de atendimento das práticas do modelo CMMI SPM nível 2. Logo, as atividades do PCSTIC são insuficientes. No que diz respeito ao planejamento, é importante rever as atividades do PSTIC de forma que este mantivesse o alinhamento com modelos e padrões de mercado.

As áreas de análise de decisão e resolução (DAR), monitoramento e controle (MC), desenvolvimento de ativos de processos (PAD), garantia da qualidade (PQA), e desenvolvimento e gestão de requisitos (RDM) foram classificadas como largamente atendidas, sugerindo que as atividades do PCSTIC refletem amplamente as práticas destas áreas do CMMI SPM nível 2. Dessa forma, percebe-se que, apesar do indicativo de diversas atividades existentes no PSTIC em relação ao CMMI SPM nível 2, estas atividades não cumprem totalmente os objetivos esperados.

Por fim, as áreas de gestão de riscos e oportunidades (RSK), gestão de contrato de fornecedor (SAM), e seleção da fonte do fornecedor (SSS) foram classificadas como totalmente atendidas, sinalizando que as atividades do PCSTIC cumprem integralmente as práticas do modelo CMMI SPM nível 2.

Apesar da ampla aderência do PCSTIC ao modelo CMMI SPM, não é possível atribuir o nível 2 de maturidade a este processo, uma vez que, algumas áreas foram atendidas em níveis de capacidade diferentes e outras áreas não foram atendidas. Logo, para que fosse atribuído o nível 2 de maturidade do modelo CMMI SPM ao PCSTIC, todas as áreas e práticas deveriam ser satisfeitas. Além disso, recomenda-se avaliar se o órgão que fará a aquisição possui a capacidade exigida pelo processo.

8.1.CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

- O levantamento da revisão bibliográfica específica da área, incluindo o PCSTIC da nova Instrução Normativa SGD/ME 01/2019 e o modelo CMMI SPM;
- A identificação das atividades existentes no PCSTIC por meio da interpretação dos artigos,
- A realização do mapeamento, as análises geradas na execução da pesquisa e a validação por meio da aplicação da técnica Walkthrough.

8.2.TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, pretende-se:

- Realizar o mapeamento baseado em dados originados da execução de contratos, considerando os artefatos gerados no processo;
- Identificar a maturidade do PCSTIC considerando os 05 (cinco) níveis de maturidade do modelo CMMI SPM; e,
- Avaliar a maturidade dos órgãos ligados à APF na gestão e execução do PCSTIC.

9. AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), no âmbito do Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD), pelo financiamento desta pesquisa.

10.REFERÊNCIAS

- [1]FOX, A e PATTERSON D. Construindo software como um serviço. Uma abordagem ágil usando computação em nuvem. 1a Ed. LLC. Califórnia. EUA. 2015.
- [2]FITZSIMMONS. James A e FITZSIMMONS Mona J. Administração de Serviços: Operações, estratégias e tecnologia da informação. 7a. Ed. Bookman. Porto Alegre/RS. 2014.
- [3]BOEHM, Barry et all. Early Phase Cost Models for Agile Software Processes in the US DOD. In: International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement. ACM/IEEE. 2017. Pg. 30-37.
- [4]RIISOM, Klaus et all. Software security in agile software development: A literature review of challenges and solutions. In: XP '18: Proceedings of the 19th International Conference on Agile Software Development: CompanionMay 2018. Pg. 1-5.
- [5]ABES - Associação Brasileira de Empresas de Software. Disponível em: <<http://www.abes.org.br/>>. Acesso em: 12/06/2021.
- [6]KHAN, S. A., KAVIANI, M. A., GALLI, B. J., ISHTIAQ, P. Application of continuous improvement techniques to improve organisation performance: a case study', International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 10, No. 2, pp.542, p.565, Geneva, 2019.
- [7]INSTITUTO CMMI - <<https://cmmiinstitute.com/cmmi>>. Acesso em: 12/12/2020.
- [8]SOFTTEX - Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro. Disponível em: <http://www.softex.br/>. Acesso em: 08/06/2021.
- [9]TCU.TribunaldeContasdaUnião.2019.Disponívelem:<<https://portal.tcu.gov.br/inicio/index.htm>>. Acesso em: 15/06/2021.
- [10]ECONOMIA. Ministério da Economia. Disponível em: <<http://www.planejamento.gov.br/>>. Acesso em: 13/06/2021.
- [11]PERFIL_GOV_TI. Levantamento de Governança de TI, Tribunal de Contas da União (TCU).2016.Disponívelem:<<https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A8182A15478D5E50154A0216F6050D6>>. Acesso em: 13/06/2021.
- [12]CRUZ, C. S. Escola Nacional de Administração Pública (ENAP). Seminário Boas Práticas em ContrataçõesdeTI.2015. Disponível em <<http://www.enap.gov.br/documents/586010/1597880/2015->

1016++Semin%C3%A1rio+Boas+Pr%C3%A1ticas+em+Contrata%C3%A7%C3%B5es+de+TI_v01.pdf/f79e92b9-133b-42ea-baba-725baddf4bae>. Acesso em: 13/06/2021.

[13]SISP.ÓrgãosdoSistemadeAdministraçãodosRecursosdeTecnologiadaInformação.2017.Disponívelem:<<http://sisp.gov.br/ctgcie/listaorgaossisp#contentwrapper>>.Acessoem:13/06/201.

[14] LEI 8.666. Institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências,PresidênciadaRepública,Brasil.1993.Disponívelem:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8666cons.htm>. Acesso em: 13/06/2021.

[15]SILVA, L. S. P. SAMPAIO. S. C. B. MOREIRA R. T. VASCONCELOS. A. M. L. A Strategy for Mapping IT Solution Procurement Processes of IN/SLTI/MPOG 04/2014 of the Brazilian Federal Public Administration based on CMMI Constellation. Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação. Lavras/MG. 2017.

[16]SILVA, L. S. P. Modelo de Contratação de Soluções de TI: Uma Análise Comparativa para Identificar a Maturidade e a Aderência aos Modelos CMMI-ACQ, CMMI-DEV e CMMI- SVC. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Centro de Informática - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2013.

[17]SILVA, L. S. P. MOREIRA R. T. VASCONCELOS. A. M. L. Análise Qualitativa da Aderência entre a Instrução - Normativa IN/SLTI/MPOG 04/2014 e os Modelos CMMI. Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação. Florianópolis/SC. 2016.

[18]SILVA, L. S. P. MOREIRA R. T. VASCONCELOS. A. M. L. Desafios na Prestação de Serviços de Tecnologia da Informação à Administração Pública Federal Brasileira. Grandes Desafios de Sistemas de Informação no Brasil de 2016 a 2026. Florianópolis/SC. 2016.

[19]ARAUJO, R.M.; MACIEL, R.S.; BOSCARIOLI, C. (2017) “I GranDSI-BR: Grandes Desafios de Pesquisa em Sistemas de Informação no Brasil (2016-2026)” - Relatório Técnico. Comissão Especial de Sistemas de Informação (CE-SI) da Sociedade Brasileira de Computação (SBC). 67p, 2017. ISBN 978-85-7669-359-8. <http://www2.sbc.org.br/ce-si/arquivos/grandsi.pdf>.

[20]IN01. Dispõe sobre o processo de contratação de soluções de Tecnologia da Informação e Comunicação – TIC pelos órgãos e entidades integrantes do Sistema de Administração dos Recursos de Tecnologia da Informação – SISP do Poder Executivo Federal, Instrução Normativa Nº 01/2019. 2019. Disponívelem:<http://www.in.gov.br/materia//asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/70267659/do1-2019-04-05-instrucaonormativan-1-de-4-de-abril-de-2019-70267535>.Acessoem: 13/06/2021.

[21]SEVERINO, A. J. Metodologia do trabalho científico. São Paulo: Cortez, 2018.

[22]ROUT, T.P; TUFFLEY, A., 2007. Harmonizing ISO/IEC 15504 AND CMMI. SPI; 2007;12: 361-371, InterScience.

[23]CIOLKOWSKI, M. Software Inspections, Reviews & Walkthroughs. Proceedings of the 24th International Conference on Software Engineering, ACM Press, 2002.

Capítulo 5



10.37423/220405719

DIAGNÓSTICO DA VIABILIDADE DA TERCEIRIZAÇÃO DO SERVIÇO DE LIPEZA URBANA: ESTUDO DE CASO EM UM MUNICÍPIO DE MINAS GERAIS

Cláudio Jorge Cançado

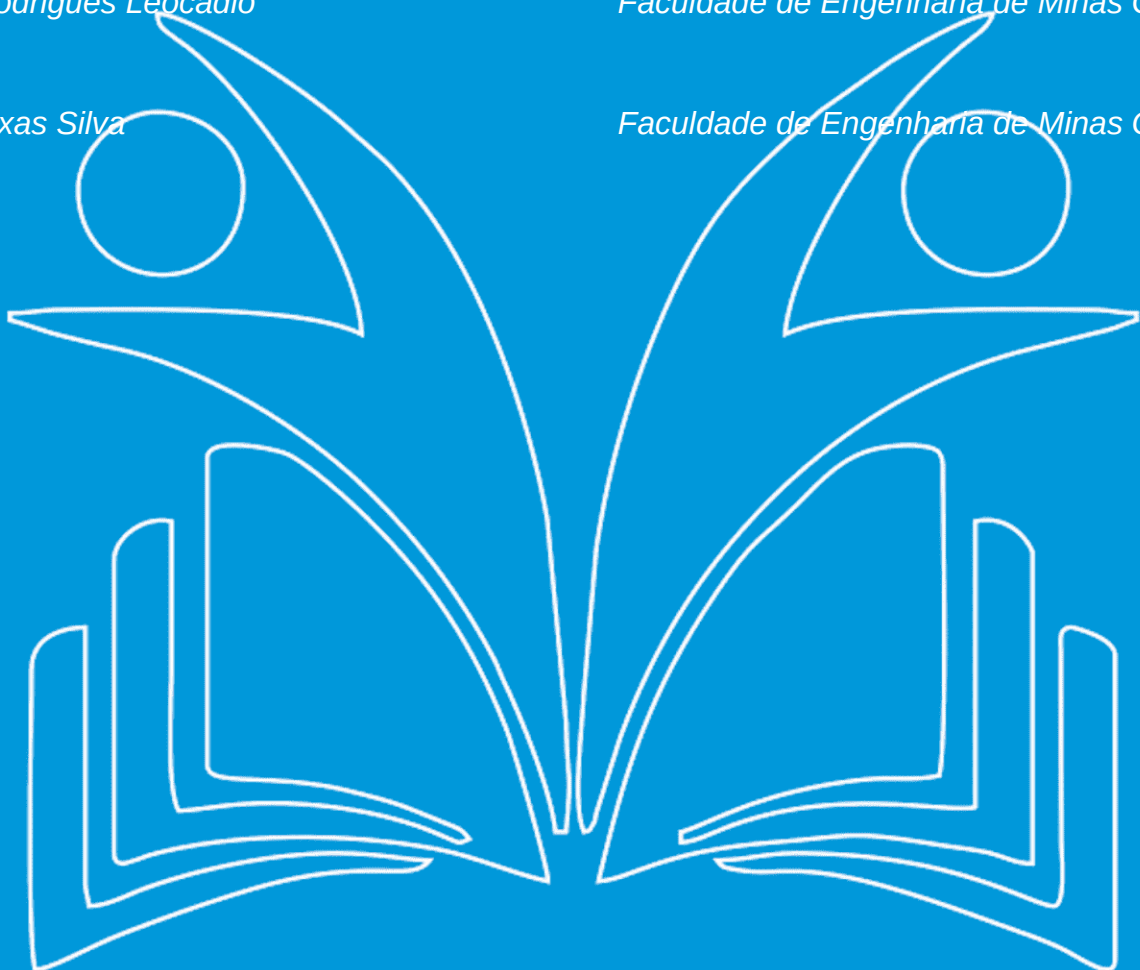
Fundação João Pinheiro

Deisiane Rodrigues Leocádio

Faculdade de Engenharia de Minas Gerais

Nikolas Seixas Silva

Faculdade de Engenharia de Minas Gerais



Resumo: *Esse artigo tem como objetivo analisar a viabilidade econômica da terceirização do serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos de um Município de Minas Gerais, comparando os gastos que a Prefeitura Municipal incorre ao prestar esses serviços e os valores médios cobrados por empresas terceirizadas. A partir de um estudo de caso com informações adquiridas por meio de um levantamento bibliográfico, da análise documental junto à Prefeitura, orçamentos e entrevistas não estruturadas, identificou-se os custos totais gastos pela prefeitura e os custos caso opte-se pela terceirização. Concluído o levantamento dos custos totais, os mesmos foram comparados a luz dos objetivos do trabalho. Ressalta-se que cabe ao Poder Público Municipal analisar a contratação das empresas terceirizadas sob outros vieses, como o social, o ambiental, o político e o organizacional, com o intuito de embasar o processo de tomada de decisão de uma forma mais ampla e abrangente, tornando a decisão a mais assertiva possível dentro das demandas da administração pública.*

Palavras-chave: *Resíduos Sólidos, Terceirização, Engenharia Econômica, Viabilidade Econômica, Eficiência nos Gastos Públicos.*

1. INTRODUÇÃO

A industrialização e o grande crescimento da economia resultaram no aumento do consumismo, gerando assim, um alto nível de descarte de resíduos sólidos. O grande volume de resíduos sólidos gerados pela sociedade resultou numa série de impactos ambientais devido à falta de controle e imprudência no seu descarte, tais como: poluição do meio ambiente e da estética das ruas da cidade, proliferação de animais (ratos, baratas, mosquitos, escorpiões, etc.) e aumento do número de doenças.

Com base nesses impactos e de acordo com uma lei federal e municipal existente, coube à administração pública responsabilizar-se por realizar um sistema de coleta de resíduos bem estruturado, de modo que garanta a destinação correta de todo resíduo gerado pelo município.

Portanto, a coleta e destinação final de resíduos têm como objetivo amenizar os impactos gerados pelos mesmos. Entretanto, com o surgimento de vários problemas socioeconômicos e ambientais ligados a esse gerenciamento da Administração Pública Municipal, a terceirização pode vir a ser uma opção viável para garantir um sistema eficiente e eficaz que consiga atender todas as demandas da comunidade e as expressas no Plano Municipal de Saneamento Básico e no Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (PGIRSU).

Assim, a pergunta que fica é: a terceirização é a melhor solução para a resolução dos problemas de gestão de resíduos sólidos municipais? Antes de responder a esta pergunta, cabe ressaltar que o viés econômico não deve ser o único fator para essa escolha, devendo a prefeitura municipal se basear em outras análises (como por exemplo, análise social) para se tomar tal decisão.

Logo, o presente estudo busca analisar, sob o viés econômico, se a privatização do serviço de coleta e destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos se torna viável ou não, fazendo-se um comparativo entre as vantagens e desvantagens de cada setor (público e privado).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TERCEIRIZAÇÃO

A terceirização, também conhecida por outsourcing, visa um objetivo específico, que é a diminuição dos custos (SAMUELSON, 2005).

Terceirização é o processo pelo qual uma empresa deixa de executar uma ou mais atividades realizadas por trabalhadores diretamente contratados e destina estas atividades para outra empresa,

tornando-se um procedimento administrativo com objetivo de contratar terceiros para a redução de custos ou para o ganho ou melhoria de qualidade no produto ou serviço, buscando a eficiência, especialização, eficácia e produtividade da atividade principal da empresa, ficando os itens acessórios por conta da empresa terceirizada.

Giosa (1993) destaca alguns itens que caracterizam as vantagens competitivas advindas da terceirização. São eles: desenvolvimento econômico, especialização dos serviços, competitividade, busca da qualidade, controles adequados, aprimoramento do sistema de custeio, esforço de treinamento e desenvolvimento profissional, diminuição do desperdício, valorização dos talentos humanos, agilidade das decisões, menor custo, maior lucratividade e crescimento.

Em contrapartida, Leira e Saratt (1995) propõem itens de aspecto negativos da terceirização: risco em ser administrado, dificuldade em aproveitar empregados já treinados, demissões na fase primária do processo de terceirização, mudanças na estrutura do poder, inexistência de parâmetros de preços nas contratações iniciais, custo de demissões, desgaste nas relações com sindicatos, decisão errônea na contratação de parceiros, dificuldades na gestão da administração do processo e aumento da dependência de terceiros.

2.2 A ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E A TERCEIRIZAÇÃO

A Terceirização no Setor de serviços é necessária quando se fala em viabilidade econômica (redução de custos e melhoria da qualidade dos serviços prestados), bem como ganhos, originando um maior crescimento na satisfação dos clientes e a melhoria de outras atividades do setor, resultantes da alteração do foco nas atividades desenvolvidas. Como afirma Alexander (1995), ao apregoar que a análise econômica é a forma predominante, entre as demais existentes, utilizada para fundamentar os gastos com mudanças ou melhorias. Para este autor, existem duas maneiras fundamentais de se obter benefícios: reduzir os custos e melhorar o desempenho. Segundo Giosa (1999), “planejamento estratégico requer, daqueles que irão propor a Terceirização nas organizações a vantagem competitiva, a vantagem do conhecimento, para se alcançar o sucesso”. Para alcançar este sucesso são necessárias informações que servirão de suporte na tomada de decisão, para avaliar qual será o impacto na organização terceirizando tais serviços.

Assim, um dos problemas principais na escolha de terceirizar ou não, está na identificação da relação da viabilidade econômica, pois, dependendo da organização, o outsourcing será utilizado com o foco de obter crescimento nos lucros ou se reduzir os custos. (VEY & ROSA, 2004).

3. METODOLOGIA

O método de trabalho utilizado neste artigo é o estudo de caso, pois nele será abordado um estudo em uma situação específica de um município, podendo haver semelhanças com outras situações, mas ainda assim distinta e singular.

O Município onde o estudo de caso foi realizado será tratado nesse artigo com o nome fictício de “Município X” devido ao sigilo pedido aos autores.

O universo do artigo é representado por todos os gastos públicos realizados pela prefeitura do município na área de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos. Não existe amostra para tal universo, pois todos os gastos serão considerados.

Antes de se iniciar o estudo de caso, foi realizado um embasamento teórico sobre resíduos sólidos, gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos, legislação municipal de gerenciamento de resíduos sólidos, engenharia econômica e terceirização. Esse embasamento foi realizado através de um levantamento bibliográfico em bibliotecas públicas e privadas, e na internet.

A coleta de dados dessa pesquisa foi realizada através da análise documental e entrevistas não estruturadas junto à Secretaria de Meio Ambiente do Município X. O trabalho em campo foi iniciado com o agendamento de reuniões com o objetivo de adquirir conhecimento sobre os serviços de limpeza urbana prestado pelo Município X, focando nos serviços de coleta de resíduos sólidos e varrição de vias públicas. Nestas reuniões foram realizadas entrevistas não estruturadas com o secretário da Secretaria de Meio Ambiente e o encarregado responsável pelos serviços de coleta e varrição, para que tal objetivo fosse atingido.

Além dessas entrevistas realizadas nas reuniões, foram também realizadas outras entrevistas com os colaboradores dos setores administrativo, compras, manutenção e operacional, visando aprofundar mais o conhecimento sobre o processo, além de visualizar o processo de um ponto de vista operacional.

Posteriormente, foram analisados documentos internos da prefeitura municipal, do período de fevereiro a julho de 2017, tais como: controle de desempenho e manutenção, relação de pessoal, relatórios de pesagem dos resíduos destinados ao aterro sanitário, veículos da Secretaria de Meio Ambiente, quilometragem dos caminhões, custos operacionais e administrativos da Secretaria de Meio Ambiente. Essa análise foi realizada com objetivo de conseguir o total de gastos com os serviços de coleta e varrição.

Após a obtenção desses dados, foi realizado o levantamento de empresas prestadoras de serviço de limpeza urbana, na região de estudo, com o objetivo de orçar os custos dos serviços de coleta e varrição, os quais se pretendem terceirizar.

A análise dos dados foi feita através de uma comparação entre o valor total dos gastos da prefeitura no serviço de limpeza urbana e o valor dos orçamentos das empresas terceirizadas. Essa comparação foi realizada através da utilização de planilhas do software excel®, visando o manuseio dos dados.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 DADOS DO MUNICÍPIO

O Município X possui aproximadamente 200 mil habitantes e está localizado no estado de Minas Gerais. A prefeitura responsável pelo município possui um número significativo de secretarias, cada uma dirigida por um secretário distinto. A Secretaria de Meio Ambiente, a qual é responsável pelo serviço de limpeza urbana, possui, além do secretário, diretores responsáveis por cada serviço prestado.

4.2 OS SERVIÇOS DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E VARRIÇÃO

Através das entrevistas com o secretário da Secretaria do Meio Ambiente, com o encarregado responsável pelos serviços de coleta de resíduos e varrição e com os colaboradores dos setores envolvidos com a prestação desses serviços, foram obtidos os seguintes dados:

- a) O serviço de coleta domiciliar é definido como o recolhimento e transporte regular de todos os resíduos sólidos, com a utilização de veículos coletores compactadores. A frota conta com oito caminhões compactadores e um automóvel de passeio. Após a coleta dos resíduos, esses veículos devem seguir em direção ao aterro sanitário e destiná-los corretamente. Esse serviço possui dois turnos de trabalho: diurno (08h00min até 16h20min) e noturno (18h00min até 01h20min). A quilometragem média percorrida pela equipe de coleta é de 5.352 km, no ano de 2017;
- b) O serviço de varrição manual de vias pavimentadas e logradouros públicos consiste na operação manual da limpeza da superfície dos passeios pavimentados, através do processo de varrição manual e o acondicionamento dos resíduos sólidos passíveis de serem contidos em sacos plásticos. Esse serviço possui apenas o turno diurno (08h00min até 16h20min) atingindo 2.558 quilômetros do município, no ano de 2017;

c) Em 2017, esses serviços contam com o quadro de funcionários descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Funcionários dos serviços de coleta e varrição

Funcionários	Efetivos	Contratados	Total
Gari Coleta	18	49	67
Gari Varrição	77	45	122
Motorista	10	20	30

Fonte: Os autores (2017)

4.3 CUSTOS DOS SERVIÇOS DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E VARRIÇÃO

Para que o diagnóstico da viabilidade de terceirizar os serviços de coleta e varrição fosse realizado, viu-se a necessidade de mensurar os gastos da Secretaria do Meio Ambiente com esses serviços.

Os documentos que foram analisados para mensurar os custos desses serviços são: Controle de desempenho e manutenção; Controle de combustível; Relação de pessoal; Relatórios de pesagem dos resíduos destinados ao aterro sanitário; Quilometragem dos caminhões; Levantamento de custos operacionais e administrativos e Plano Municipal de Resíduos Sólidos.

Tais documentos não podem constar neste artigo, pois foi requisitado pela Prefeitura do Município X sigilo quanto aos documentos e demais informações repassadas aos autores.

Através da análise destes documentos e relatórios, obtiveram-se os dados dos custos operacionais dos serviços de coleta de resíduos sólidos e varrição, descritos abaixo na Tabela 2.

Tabela 2 – Custos operacionais

Mês	Manutenção	Combustível	Uniforme e EPI	Salário (Gari/Varrição)	Salário (Motorista)	Equipamentos
Fev/17	R\$ 84.920,30	R\$ 50.244,57	R\$ 22.371,01	R\$ 408.442,23	R\$ 88.143,30	R\$ 714,00
Mar/17	R\$ 6.594,57	R\$ 53.758,79	R\$ 22.371,01	R\$ 408.442,23	R\$ 88.143,30	R\$ 714,00
Abr/17	R\$ 37.599,82	R\$ 53.102,35	R\$ 22.371,01	R\$ 408.442,23	R\$ 88.143,30	R\$ 714,00
Mai/17	R\$ 71.979,67	R\$ 56.758,77	R\$ 22.371,01	R\$ 408.442,23	R\$ 88.143,30	R\$ 714,00
Jun/17	R\$ 17.280,04	R\$ 52.592,49	R\$ 22.371,01	R\$ 408.442,23	R\$ 88.143,30	R\$ 714,00
Jul/17	--	R\$ 49.677,33	R\$ 22.371,01	R\$ 408.442,23	R\$ 88.143,30	R\$ 714,00
Média Mensal	R\$ 43.674,88	R\$ 52.689,05	R\$ 22.371,01	R\$ 408.442,23	R\$ 88.143,30	R\$ 714,00
Desvio Padrão	33951,76406	2566,438976	3,85866E-12	0	1,55567E-11	0
Total Geral	R\$ 616.034,47					

Fonte: Adaptado de custos operacionais da Secretaria de Meio Ambiente do município X (2017)

Foi necessário mensurar os custos operacionais supracitados para se ter conhecimento dos custos reais da prestação dos serviços de coleta e varrição. Foi calculada a média de cada custo, pois a base documental da qual fora extraído o custo de manutenção e combustível se encontrava disponível a partir de fevereiro de 2017, pois antes deste período não era realizado controle sobre os mesmos.

Os valores referentes à uniforme e EPI (Equipamento de Proteção Individual), salário (gari/varrição), salário (motorista) e equipamentos possuem registros anuais, portanto o valor total anual foi dividido por doze meses e chegou-se ao valor mensal exposto na tabela acima.

Viu-se a necessidade de calcular também o desvio padrão, para garantir uma maior credibilidade às medias calculadas, percebendo-se que o desvio padrão dos custos de manutenção é muito alto, existindo, portanto, um baixo grau de confiabilidade neste dado em questão. Mesmo com o alto valor do desvio padrão, optou-se por utilizar esses dados, pois os custos com manutenção eram necessários para comparar os custos da Prefeitura com os custos das empresas terceirizadas.

Em seguida, calculou-se um total geral dos custos operacionais com base na média mensal de cada custo. Além dos custos operacionais, foi necessário conhecer também a depreciação da frota de caminhões, conforme exposto na Tabela

Tabela 3 – Depreciação frota de caminhões

Discriminação	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Total (R\$)
Valor dos caminhões compactadores	unidade	8	R\$ 356.000,00	R\$ 2.848.000,00
Depreciação dos caminhões (60 meses)	%	82,58	R\$ 294.000,00	R\$ 2.352.000,00
Depreciação mensal veículos coletores	mês	60	R\$ 2.352.000,00	R\$ 39.200,00
			Total mensal	R\$ 39.200,00

Fonte: Adaptado de dados dos veículos da Secretaria de Meio Ambiente do município X (2017)

A depreciação da frota foi calculada com base em valores tabelados encontrados nos registros internos de compra dos caminhões compactadores, resultando num valor mensal de R\$ 39.200,00.

Além da depreciação, os gastos administrativos indiretos relacionados ao serviço de coleta e varrição também foram calculados para mensurar os custos totais desses serviços. Esses custos seguem retratados na Tabela 4.

Tabela 4 – Custos administrativos indiretos

Discriminação	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Total (R\$)
Depreciação	unidade	1	R\$ 39.200,00	R\$ 39.200,00
Impostos (IPVA)	unidade	8	R\$ 4.300,00	R\$ 34.400,00
Seguros Obrigatórios	unidade	8	R\$ 620,00	R\$ 4.960,00
Seguro Automóvel 5 passageiros	unidade	1	R\$ 1.197,72	R\$ 1.197,72
Combustível automóvel 5 passageiros	litro	220	R\$ 3,80	R\$ 836,00
Total Mensal Despesas Indiretas Frota				R\$ 80.593,72
Total Custos Operacionais	unidade	1	R\$ 616.034,47	R\$ 616.034,47
Total Parcial				R\$ 696.628,19
Despesa de Administração Indireta	%	30	R\$ 696.628,19	R\$ 208.988,46
Total Geral				R\$ 905.616,65

Fonte: Adaptado de custo administrativos – Secretaria de Meio Ambiente do município X (2017)

O valor total dos custos operacionais incluindo-se os custos das despesas indiretas (R\$ 616.034,47 + R\$ 80.593,72) é de R\$ 696.628,19. Os custos administrativos indiretos representam aproximadamente 30% do valor total mensal gasto com os custos operacionais (30% de R\$ 696.628,19), resultando em um total de R\$ 208.988,46.

Os 30% foram calculados com base na verba total anual destinada à Secretaria de Meio Ambiente dividido pelo total anual planejado para ser gasto com os serviços de coleta de resíduos e varrição. Esses valores não foram citados neste artigo pelo fato do sigilo pedido aos autores pela Prefeitura do Município X.

Por fim, foi calculada a quantidade média de toneladas destinadas ao aterro sanitário, conforme o relatório de toneladas destinadas ao aterro sanitário reproduzido na Tabela 5. Essa média foi calculada para se conhecer o custo da destinação dos resíduos sólidos.

Tabela 5 – Relatório aterro sanitário

Mês	Toneladas	Custo por Tonelada	Custo Total
Nov/16	2474,22	R\$ 66,36	R\$ 164.189,24
Dez/16	2954,75	R\$ 66,36	R\$ 196.077,21
Jan/17	2642,16	R\$ 71,13	R\$ 187.936,84
Fev/17	2180,53	R\$ 71,13	R\$ 155.101,06
Mar/17	2512,48	R\$ 71,13	R\$ 178.712,70
Abr/17	2143,6	R\$ 71,13	R\$ 152.474,27
Mai/17	2523,22	R\$ 71,13	R\$ 179.476,64
Média Mensal	2490,14		R\$ 173.423,99
Desvio Padrão	301,8247096		16.574,56564

Fonte: Adaptado de relatório de pesagem dos resíduos destinados ao aterro do município X – Secretaria de Meio Ambiente do município X(2017).

Portanto, somando todos os custos citados nesse tópico, o total mensal dos custos referentes aos serviços de coleta de resíduos sólidos e varrição (R\$ 616.034,47 – custos operacionais + R\$ 208.988,46 – 30% de custos administrativos indiretos + R\$ 80.593,72 – despesas indiretas + R\$ 173.423,99 – custo do aterramento dos resíduos) é igual a R\$ 1.079.040,64.

4.4 ORÇAMENTOS DAS EMPRESAS TERCEIRIZADAS

Uma vez calculado o custo da prestação dos serviços de coleta de resíduos urbanos e varrição, foram estipulados orçamentos com empresas terceiras para obter o valor a ser pago caso opte-se pela terceirização. Os orçamentos seguem relatados na Tabela 6.

Tabela 6 – Orçamentos terceirizadas

Serviços	Unidade	Quantidade	Empresa XX		Empresa XY		Empresa XZ		Empresa YY		Empresa YZ	
Coleta de Resíduos Domiciliar	Toneladas	2.490,14	R\$	158,80	R\$	160,44	R\$	168,62	R\$	166,98	R\$	165,87
	Mensal		R\$	395.434,23	R\$	399.518,06	R\$	419.887,41	R\$	415.803,58	R\$	413.039,52
	Anual		R\$	4.745.210,78	R\$	4.794.216,74	R\$	5.038.648,88	R\$	4.989.642,93	R\$	4.956.474,26
Varrição Manual de Vias	Km/eixo	2.558	R\$	144,67	R\$	146,16	R\$	153,61	R\$	152,12	R\$	151,93
	Mensal		R\$	370.065,86	R\$	373.877,28	R\$	392.934,38	R\$	389.122,96	R\$	388.636,94
	Anual		R\$	4.440.790,32	R\$	4.486.527,36	R\$	4.715.212,56	R\$	4.669.475,52	R\$	4.663.643,28
Total	Mensal		R\$	765.500,09	R\$	773.395,34	R\$	812.821,79	R\$	804.926,54	R\$	801.676,46
	Anual		R\$	9.186.001,10	R\$	9.280.744,10	R\$	9.753.861,44	R\$	9.659.118,45	R\$	9.620.117,54
Preço Médio (Todos Orçamentos)			Mensal						R\$ 791.664,04			
			Anual (12 meses)						R\$ 9.499.968,53			

Fonte: Os Autores (2017)

Para obter-se os custos com as empresas terceirizadas, foram repassadas as mesmas especificações técnicas do serviço a ser executado. Tais especificações consistem em: Quilometragem média a ser percorrida pela equipe de coleta (5.352 km); Quilometragem média a ser percorrida pela equipe de varrição (2.558 km); Tonelada média de resíduos coletados (2.490,14 ton.); Distância média entre o final das rotas e o aterro sanitário (24 km).

As empresas terceirizadas não se responsabilizaram pelo custo de destinação adequada no aterro sanitário, logo, o valor médio dos orçamentos deve ser somado ao atual custo da Prefeitura Municipal ao destinar os resíduos ao aterro sanitário (R\$ 173.423,99).

Com base nos valores orçados, o valor médio mensal para se terceirizar os serviços de coleta de resíduos sólidos e varrição é R\$ 791.664,04, o qual, somado com o custo referente ao aterro sanitário, alcança um total mensal de R\$ 965.088,03. Os nomes das empresas terceiras não foram citados neste trabalho, pois as mesmas pediram sigilos aos autores.

4.5 VIABILIDADE ECONÔMICA DA TERCEIRIZAÇÃO

A partir dos custos analisados nos tópicos anteriores, foi feita uma tabela (Tabela 7) com o custo total mensal e anual da prestação dos serviços de coleta de resíduos sólidos e varrição.

Tabela 7 – Relação custos totais da prestação de serviços

Prestadora do Serviço	Resíduo Coletado (Toneladas)	Quilometragem Varrição	Custo Mensal	Custo Anual
Prefeitura Municipal	2.490,14	2.558	R\$ 1.079.040,64	R\$ 12.948.487,68
Empresas Terceiras	2.490,14	2.558	R\$ 965.088,03	R\$ 11.581.056,36

Fonte: Os Autores (2017)

Portanto, foram comparados os custos referentes à contratação de empresas privadas e do serviço prestado pela Prefeitura Municipal e notou-se que, seguindo as mesmas especificações técnicas, é viável economicamente terceirizar os serviços de coleta de resíduos sólidos e varrição. Isso porque, além de ter uma economia de R\$ 1.367.431,32, acredita-se que a qualidade, eficiência e produtividade do serviço prestado aumentarão.

Entretanto, este artigo não deve ser usado como fonte de embasamento para o processo de tomada de decisão, pois o mesmo realizou uma análise do viés econômico e, para se tomar tal decisão, deve-se também analisar os vieses político, social, ambiental e organizacional.

Caso a Prefeitura Municipal decida terceirizar os serviços de coleta de resíduos sólidos e varrição manual de vias, os colaboradores efetivos desses serviços, 105 no total, não poderão ser dispensados, tornando-os mão de obra disponível para a Prefeitura. Uma possibilidade de utilização dessa mão de obra disponível é a alocação da mesma para outras atividades da Prefeitura Municipal com base nas habilidades de cada colaborador, realizando todas as medidas legais cabíveis à situação.

5. CONCLUSÃO

Os serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos e varrição manual de vias públicas são de suma importância para a qualidade de vida da população do Município X nos aspectos sanitários, social, estéticos, bem estar, econômicos e financeiros. Por isso, é necessária uma gestão eficaz desses serviços. A gestão pública estava com alguns problemas para administrar tais serviços, destacando-se o alto custo e, devido a essas dificuldades, foi levantada a hipótese de terceirizar os serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos e varrição.

Esse artigo buscou analisar a viabilidade econômica da terceirização desses serviços prestados pela Prefeitura Municipal do Município X, embasado num referencial teórico fundamentado na eficiência dos gastos públicos, terceirização, resíduos sólidos e engenharia econômica, buscando auxiliar o processo de tomada de decisão da Prefeitura.

A partir de análises de custos da Prefeitura e de orçamentos de empresas terceirizadas viu-se que é viável terceirizar os serviços de coleta de resíduos e varrição sob o viés econômico. Entretanto, devem-se analisar também os vieses sociais, político, ambiental e organizacional antes de se tomar qualquer decisão.

Portanto, este artigo aponta para a necessidade de realizar pesquisas e análises mais aprofundadas nos vieses supracitados, com o intuito de embasar o processo de tomada de decisão de uma forma mais ampla e abrangente, tornando a decisão a mais assertiva possível dentro das demandas da administração pública.

6. REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, J. Modern, ante, post, and neo: how intellectuals have coded, narreted, and explained the “crisis of our times”. In: Alexander, J. Fin-de-siècle social theory: relativism, reduction, and the problem of reason. Londres: Verso, 1995.
- BARTHOLOMEU, D. B.; BRANCO, J. E. H.; CAIXETA, J. V. F. A logística de transporte dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) Logística Ambiental de Resíduos Sólidos. São Paulo: Atlas, 2011. p. 16-44.
- BRAGA, M. C. B.; RAMOS, S. I. P. Desenvolvimento de um modelo de banco de dados para sistematização de programas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos em serviços de limpeza pública. Eng. Sanit. Ambient, v.11, n. 2, p. 162-168, 2006.
- FILHO, N. C.; KOPITKE, B. H. Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. Atlas, 2007, p. 104-123.
- GIOSA, L. A. Terceirização: uma abordagem estratégica. São Paulo: Pioneira, 1993.
- GIOSA, L. A. Terceirização uma abordagem estratégica. 5ª edição. São Paulo: Pioneira, 1999.
- LEIRA, J. S.; SARATT, N. D. Terceirização: uma alternativa de flexibilidade empresarial. 8. ed. São Paulo: Gente, 1995.
- PHILIPPI, A. J.; AGUIAR, A. O. Resíduos sólidos: características e gerenciamento. In: PHILIPPI, Arlindo Jr. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005.p.267-321.
- RIBEIRO, E. A. A perspectiva da entrevista na investigação qualitativa. Evidência: olhares e pesquisa em saberes educacionais, Araxá/MG, n. 04, p.129-148, maio de 2008.
- ROVIRIEGO, L. F. V. Proposta de uma metodologia para a avaliação de sistemas de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- SAMUELSON, P. A.; NORDHAUS, W. D. Economia. 18. ed. São Paulo: Mcgraw-hill, 2005.

SOARES, Liliane Gadelha da Costa; SALGUEIRO, Alexandra Amorim; GAZINEU, Maria Helena Paranhos. Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos na cidade de Olinda, Pernambuco – um estudo de caso. *Revista Ciências & Tecnologia*, v.1, n.1, 2007. Disponível em: <http://www.unicap.br/revistas/revista_e/artigo5.pdf>. Acesso em: 09 mai.2017.

VEY, I. H.; ROSA, R. M. Substituição de frota em empresa de transporte municipal de passageiros: um estudo de caso. *Revista eletrônica de contabilidade da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria*, v. 1, n. 1, set-nov2004.

Capítulo 6



10.37423/220405731

ÉTICA EM COMPUTAÇÃO: UM CAMPO DE CONHECIMENTO A SER DIVULGADO.

Exiele Daniel Fagundes de Oliveira

Universidade Estadual de Feira de Santana

Gabriela Ribeiro Peixoto Rezende Pinto

Universidade Estadual de Feira de Santana



Resumo: *O presente trabalho tem por objetivo mostrar a escassez dos estudos e publicações ligados a temas da ética bem como mostrar a importância da ética para o profissional de computação e como o ensino desses temas podem ajudar o profissional a enfrentar os desafios e problemas criados pelo uso indiscriminado das tecnologias de informação. O trabalho apresenta ainda pesquisas bibliográficas para demonstrar o que foi publicado em forma de livro sobre Ética em Computação e em artigos no COBENGE. É demonstrada também a frequência com que a ética é tratada nos cursos de Engenharia de Computação no Brasil.*

Palavras-chave: *Ética, Computação, Moral, Tecnologia.*

1. INTRODUÇÃO

Com a revolução das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) houve grandes transformações na sociedade, que podem ser observadas em nível social, econômico e político. Com o avanço das TIC muitos benefícios vêm sendo desfrutados por seus usuários, como por exemplo, a possibilidade de uma formação a distância, especialmente para aqueles que possuem restrições de tempo e espaço quanto a cursos presenciais. A sociedade contemporânea vive dominada pela ciência e pela tecnologia, que apesar de melhorar a vida em sociedade, pode trazer riscos envolvendo tanto os profissionais que trabalham com tecnologia, quanto os seus usuários. Alguns destes desafios são éticos, como o uso privilegiado de dados confidenciais ou a divulgação de dados impróprios pela internet, e casos de vírus e acesso não-autorizado (MASIERO, 2004).

O campo de conhecimento que trata de riscos e desafios como os supracitados é o campo da Ética em Computação. A Ética em Computação é importante pois os estudantes precisam desenvolver a habilidade de refletir de forma crítica sobre o impacto social da Computação e avaliar as soluções propostas para essas questões. Futuros profissionais devem ser capazes de antecipar o impacto da introdução de um dado produto em um certo ambiente (MASIERO, 2004).

A ética deve auxiliar o indivíduo quando este se depara com uma determinada situação na tomada de decisão, sendo, portanto, decisiva no resultado da escolha, o aprendizado de toda uma vida, o convívio familiar, na escola, nas religiões, no convívio social em geral também tem importância considerável na tomada de decisão (MASIERO, 2004, p.21).

Embora os desafios relacionados ao uso indevido das TIC já estejam sendo mais debatidos atualmente, percebe-se que ainda há pouca discussão e difusão de conhecimentos produzidos no campo da Ética em Computação. Isto se torna mais evidente quando se escuta em fóruns que tratam especificamente de temas relacionados à Educação em Engenharia, a exemplo do Congresso Nacional de Educação em Engenharia (COBENGE), afirmações de que os conceitos e os argumentos produzidos no campo da Ética devem ser abordados de modo transversal, ou seja, devem ser debatidos por todos os componentes curriculares e espaços de aprendizagem previstos para a formação do engenheiro.

Por outro lado, considerando-se um currículo que reflete como foi articulado o pensamento/conhecimento ocidental, por meio da compartimentalização do saber em campos de conhecimento, pouco se escuta se há a necessidade, ou não, da existência de um espaço específico para o levantamento de questões e a promoção de diálogos sobre os conceitos tratados no campo da Ética, e para se praticar a atitude filosófica. Infelizmente, conforme explica Masiero (2004), este campo

de estudo é pouco explorado no Brasil, apesar de tanto os profissionais da área de Computação quanto os usuários, gestores, instituições e sociedade em geral estarem suscetíveis aos riscos inerentes ao uso indevido de TIC, desde a sua concepção, produção, disponibilização e uso.

Questões relacionadas à Ética em Computação são veemente discutidas nos Estados Unidos, inclusive com obras publicadas e casos ocorridos na sociedade, enquanto que no Brasil ainda há poucas publicações que fortalecem a implantação da Ética na Computação e apresentam dados coletados e registrados sobre casos que aconteceram no país (MASIERO, 2004, p.12-13).

Neste artigo, busca-se identificar livros publicados em português e artigos publicados no COBENGE, nos últimos dez anos, sobre a Ética em Computação. E, com isso, propor a difusão dos temas tratados por tal campo de conhecimento, bem como a criação de espaços de aprendizagem (e.g componentes curriculares, materiais didáticos, sites da internet etc.) para a promoção de debates sobre os conteúdos. Com a falta evidente de estudos e publicações no campo da Ética em Computação, torna-se evidente a importância da divulgação dos temas tratados por ele, para que a comunidade de engenharia e sociedade em geral tenham maior consciência sobre o impacto das tecnologias em suas vidas.

2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O profissional de Computação, segundo Masiero (2004), é o profissional que, em termos genéricos, projeta e desenvolve dispositivos ou artefatos computacionais, produzindo os resultados de um processo de desenvolvimento de software, como: documentos de especificação de requisitos, modelos de análise, projetos de software, documentação, estudos de viabilidade, planos de teste, código fonte, manuais de uso, planos de manutenção etc. No Brasil, a formação desse profissional pode ser feita a partir de cursos superiores como Ciência da Computação, Engenharia da Computação, Análise de Sistemas etc. O mercado de trabalho de um profissional de Computação é muito diversificado e amplo, qualquer empresa que use TIC em qualquer setor precisa de um profissional de Computação. O profissional pode atuar tanto para uma empresa, como no setor industrial, ou se tornar autônomo e criar seu próprio negócio, prestando serviços particulares ou de forma terceirizada para empresas.

No Brasil ainda não existe uma regulamentação da profissão em Computação, mas há projetos e discussões sobre o assunto pela comunidade científica desde antes da criação da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) em 1978 (BIGONHA, 2016). Para a SBC, a regulamentação não deve estabelecer uma reserva de mercado de trabalho, geralmente instituída pela criação de conselho de profissão em

moldes tradicionais, pois, como já ocorre em muitas outras áreas, pode levar a uma indevida valorização da posse de um diploma em detrimento da posse do conhecimento, que é a habilitação que ele deveria prover. Também diz que é a favor de liberdade do exercício profissional, sendo o conhecimento técnico-científico e social, normalmente adquirido em curso superior de boa qualidade, o principal diferencial de competência profissional. O diploma, com todas as informações que o compõem, é o principal e melhor instrumento para proteção da Sociedade. (BIGONHA, 2016).

Há associações de influência na área de Computação, onde professores, estudantes e profissionais na área tendem a se associarem, ajudando a criar comunidades que auxiliam na criação de profissionais qualificados, como o IEEE (**Institute of Electrical and Electronics Engineers**) que é a maior organização dedicada a tecnologia do mundo, a ACM (*Association for Computing Machinery*) que também é mundialmente conhecida e respeitada, e a SBC que é a maior referência totalmente brasileira, tendo a maioria dos docentes e discentes da área como associados.

A Sociedade Brasileira de Computação é uma associação científica, sem fins lucrativos, que reúne pesquisadores, professores, estudantes e profissionais que atuam em pesquisa científica, educação e desenvolvimento tecnológico na área genérica de Computação. (SBC, 2016). A SBC, apesar de não disponibilizar um código de ética próprio, possui um projeto que visa a regulamentação da profissão de Informática e a criação de um conselho de auto regulação, para um melhor controle das atividades dos profissionais e monitoramento de possíveis desvios de conduta de ética (BIGONHA, 2016).

Para os engenheiros de computação, há a possibilidade de se afiliar ao Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA) e passar a seguir o código de ética disponibilizado pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), porém esse código não trata de temas importantes e específicos da computação como acesso não autorizado, privacidade, propriedade intelectual etc. Assim, normalmente recorrem aos códigos disponibilizados pela ACM e pelo IEEE.

O Profissional de Computação possivelmente irá encontrar em sua carreira diversos desafios éticos, seja praticado por terceiros ou pelo próprio profissional. O ensino da Ética nos cursos de computação tem como objetivo principal promover debates para potencializar a capacidade de pensamento crítico-reflexivo dos profissionais para que possam lidar melhor com as adversidades e alertá-los para que eles não venham a praticar qualquer ação indevida. Masiero (2004) aponta como principais desafios enfrentados pelo profissional: Acesso não autorizado, Propriedade intelectual e Privacidade.

Segundo Masiero (2004), um acesso a um sistema computacional é considerado autorizado quando a pessoa que o executou tem uma conta válida no sistema, criada pelo administrador do sistema por

força de um relacionamento maior e anterior, ou seja, o usuário tem a permissão maior do administrador de fazer uso daquele sistema. O acesso não autorizado acontece quando um usuário acessa sistemas computacionais sem autorização, seja de qualquer pessoa ou empresa.

O acesso não-autorizado perpetrado por profissionais ou não- profissionais fora do ambiente de trabalho vem aumentando de forma assustadora à medida em que a internet se populariza. Nota-se que grande parte dos casos envolve adolescentes em busca de emoções fortes e auto-afirmação. Outra parte tem intento criminoso.[..] Os executores desses atos têm sido enquadrados na legislação vigente, com algumas dificuldades inerentes à complexidade e à novidade da tecnologia envolvida, mas é inevitável a criminalização desses atos. (MASIERO, 2004, p.130).

A proteção da propriedade intelectual vem sendo estudada, desenvolvida e aplicada desde o século XV. Criados para protegerem não somente criações materiais, o direito autoral e a patente são utilizados também para proteger ideias como também manter uma maior harmonia em sociedade. A proteção a propriedade intelectual visa apoiar a sociedade, estimulando a invenção de novos dispositivos, o desenvolvimento de novos processos e a criação de novas obras artísticas que possam melhorar o cotidiano desta sociedade. Isto é feito dando ao autor uma recompensa material pelo tempo e pelos recursos que gastou no seu invento ou obra, detendo o direito de explorar comercialmente o resultado de sua criação (MASIERO, 2004).

Há, também, muitas possibilidades de abuso na coleta de informações sobre clientes como, por exemplo, a reunião de dados de várias fontes que permite revelar mais sobre uma pessoa do que ela possivelmente gostaria (MASIERO, 2004). A invasão de privacidade é recorrente nos meios computacionais, mas os profissionais de computação devem ter os seguintes princípios éticos associados ao mandamento 3.13 do código unificado CS- IEEE/ACM (Ser cuidadoso em usar somente dados precisos obtidos por meios éticos e legais e usá-los da maneira corretamente autorizada.) no projeto de qualquer banco de dados que envolva informações sobre terceiros, com caráter público: os dados só podem ser utilizados para o propósito a que se destina o sistema, devendo a pessoa que os informa ser consultada caso se pretenda dar outro uso a ele que não aqueles relacionados ao propósito do sistema (MASIERO, 2004).

3.METODOLOGIA

A pesquisa realizada nesse trabalho para identificação dos dados relacionados à Ética em Computação no Brasil foi feita a partir da pesquisa bibliográfica, que, conforme definem Marconi e Lakatos (2009),

A pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema estudado, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material catalográfico etc. até meios de comunicação orais: rádio, gravações em fita magnética e audiovisuais: filmes e televisão. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato com tudo que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto, inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido transcritos por alguma forma, quer publicadas, quer gravadas (MARCONI & LAKATOS, 2009, p. 185).

Para a conquista do objetivo deste trabalho, foram utilizadas as ferramentas de busca disponibilizadas gratuitamente pela empresa Google (*Google Search* e *Google Books*), também foi utilizada a biblioteca da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) para complementação e reforço dos resultados obtidos anteriormente. Para a pesquisa de artigos do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) foi utilizada a ferramenta de busca disponível nos navegadores, onde é feita a busca por título, a partir de uma palavra chave, sem distinção de maiúsculas ou acentos gráficos.

Uma outra pesquisa foi feita seguindo a lista disponível no site de vestibular do Brasil Escola (ESCOLA, 2016). A partir dessa lista, buscas foram realizadas no *Google Search* com o intuito de encontrar os sites de cada curso de Engenharia de Computação no Brasil, e, a partir dos sites, obter a ementa de cursos de Ética que fazem parte da grade curricular.

RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE

Na pesquisa bibliográfica realizada sobre os principais temas tratados no campo da Ética em Computação, foram encontrados quatro livros de interesse, sendo eles:

- BARBOSA, Simone Diniz Junqueira; SILVA, Bruno Santana da. **Interação humanocomputador**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- BARGER, Robert N. **Ética na computação**: uma abordagem baseada em casos. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- KOLB, Anton. **Ciberética**. São Paulo: Edições Loyola, 2001.
- MASIERO, Paulo Cesar. **Ética em Computação**. São Paulo: EDUSP, 2000.

Dos livros supracitados, três são produções brasileiras, o que mostra a escassez de publicações de Ética no campo da Computação. Uma pesquisa rápida na ferramenta de pesquisa *Google Scholar* reforça ainda mais essa problemática, onde artigos sobre Ética em Computação são extremamente difíceis de serem encontrados.

Foi feita também uma pesquisa no ementário dos cursos de Engenharia de Computação nas universidades e faculdades brasileiras, sendo que, em cinquenta e seis, de sessenta e sete delas, não foram encontradas as ementas correspondentes às disciplinas de Ética, seja por falta de site, falta de ementário no site ou até mesmo falta de disciplinas de Ética na grade curricular. Sendo assim, foram encontradas apenas 11 disciplinas e suas ementas de cursos de Engenharia de Computação pelo Brasil.

A escassez de publicações referentes a Ética na Computação também é notável nos anais do COBENGE. Numa pesquisa feita em anais dos últimos dez anos de COBENGE, com exceção do ano de 2013, que não se teve acesso, foram encontrados apenas onze trabalhos publicados como mostra a Tabela 1. Tal pesquisa foi realizada sem levar em consideração se os artigos publicados se referiam à Computação ou não, o interesse foi saber a frequência com que a Ética e seus estudos são retratados no COBENGE.

Tabela 1 – Quantidade de artigos publicados no COBENGE divididos em palavra-chave/ano.

Ano	Acesso não autorizado	Ética	Moral	Privacidade	Propriedade Intelectual
2015	0	0	0	0	0
2014	0	2	0	0	2
2013	Anais desse ano não foram encontrados.	-	-	-	-
2012	0	2	0	0	0
2011	0	1	0	0	1
2010	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0
2007	0	1	0	0	1
2006	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	1

Assim, verifica-se que, nos dez anos investigados: não houve artigos publicados sobre o tema “Acesso não-autorizado”; houve 6 artigos publicados em que aparece a palavra Ética; nenhuma publicação sobre “Moral” e sobre “Privacidade” foi feita; e há 5 trabalhos em que se encontra a palavra-chave “Propriedade Intelectual”. Percebe-se, portanto, que há a necessidade da ampliação da promoção de espaços de discussões sobre tais assuntos.

Após a pesquisa realizada, foi iniciada como parte dos objetivos do trabalho de iniciação científica de um dos autores deste artigo, o desenvolvimento de um site sobre Ética em Computação, que servirá para difundir os conceitos de tal campo de conhecimento. Este site ainda está em processo de produção, mas já é possível verificar duas telas que fazem parte do protótipo inicial, que podem ser vistas a partir das Figuras 1e 2.

Na Figura 1, apresenta-se a tela inicial do protótipo, em que são disponibilizadas três opções para os usuários: “Home” (página inicial), “Ética em Computação” (com informações e materiais sobre o campo de conhecimento, ver a Figura 2) e “Usuários” (para acesso ao site).

Figura 1 – Tela inicial do protótipo.



Figura 2 – Opções que serão oferecidas pela opção Ética em Computação.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante observar que os temas da Ética em Computação são pouco difundidos e abordados no Brasil. Tal problemática deve ser combatida com a criação de espaços de aprendizagem, principalmente nos cursos de Computação que foi demonstrado não ter disciplinas de ética o suficiente em cada universidade do Brasil. Ficou claro também que, mesmo em fóruns importantes como o COBENGE, a publicação de artigos relacionados a assuntos discutidos no âmbito da Ética em Computação ainda é muito pequena, sendo que em alguns anos nada foi publicado.

Pretende-se dar continuidade às pesquisas que foram apresentadas neste artigo, a fim de identificar outros livros que porventura existam sobre a Ética em Computação; pretende-se também aprofundar na investigação sobre a situação dos currículos de cursos de Engenharia de Computação no Brasil. Finalmente, pretende-se dar continuidade à elaboração de um site, que já se encontra em processo de produção, com o intuito de contribuir para a difusão dos assuntos tratados no campo da Ética em Computação, bem como a promoção de debates críticos-reflexivos sobre eles.

AGRADECIMENTOS

À PROBIC/UEFS pela bolsa de iniciação científica, e a Dr.^a Gabriela Pinto pela orientação na iniciação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARGER, Robert N. Ética na computação: uma abordagem baseada em casos. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2011.

BIGONHA,RobertodaSilva.JustificaçãodoprojetodeleidaSBC.Disponívelem:<<http://homepages.dcc.ufmg.br/~bigonha/Sbc/pl1561-justifica.html>> Acesso em: 09 maio. 2016.

ESCOLA,B.ENGENHARIADACOMPUTAÇÃO.Disponívelem:<<http://vestibular.brasilecola.uol.com.br/guia-de-profissoes/engenharia-computacao.htm>> Acesso em: 06 jan. 2016.

MASIERO, Paulo Cesar. Ética em Computação. 1 ed. 1ª reimpressão, São Paulo: USP, 2004.

SBC. Sobre a SBC. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/institucional-3>> Acesso em: 09 maio. 2016.

Capítulo 7



10.37423/220405755

ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DAS VEDAÇÕES DE UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL NA CIDADE DE GOIÂNIA - GOIÁS

Kátia Maria Souza

UniBrasília

Juracy Mendes Moreira

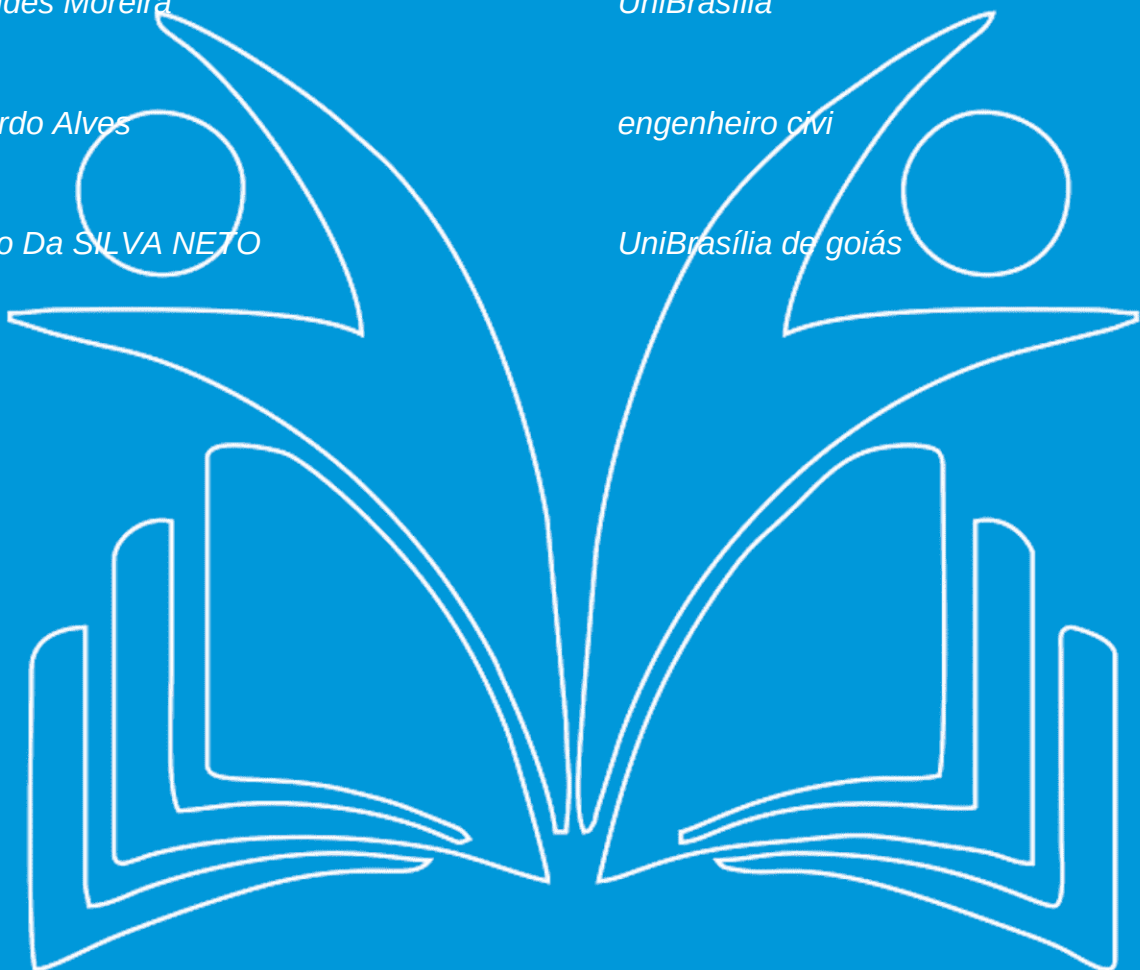
UniBrasília

Higor Eduardo Alves

engenheiro civil

João Amélio Da SILVA NETO

UniBrasília de goiás



Resumo: O uso do *drywall* como componente em sistemas de vedação vem se tornando mais crescente no mercado da construção, ocupando o espaço da alvenaria convencional de blocos cerâmicos. A metodologia da pesquisa foi realizada por meio de busca e aquisição de informações e de uma análise minuciosa de estudos de casos, com o intuito de possibilitar a comparação dos dois métodos construtivos mais usados de vedações verticais internas para um estabelecimento comercial na cidade de Goiânia. Ao avaliar a mão de obra do bloco cerâmico em relação ao *Drywall*, o segundo sistema se mostrou mais eficiente ao proporcionar uma redução de 26 % no valor dos materiais e mão de obra. Em se tratando do peso total sobre a estrutura temos uma redução de carga de 19,50 toneladas, ou seja, 79,99 % de decréscimo de peso da parede interna sobre a estrutura do edifício, com o uso do sistema *Drywall*. O tempo de execução o *Drywall* também mostrou ser 50% mais rápido que a alvenaria de bloco cerâmico. Assim o sistema de *Drywall* mostrou ser economicamente mais viável para vedação interna do que o método de alvenaria de bloco cerâmico em uma mesma edificação comercial.

Palavras-chave: Alvenaria; *Drywall*; Vedações internas.

INTRODUÇÃO

Dada a competitividade na indústria da construção civil cada vez mais acirrada, tem crescido significativamente a busca por técnicas construtivas limpas, rápidas, seguras e de qualidade, de modo a se conseguir diminuir custos, sempre dispendiosos. Nesse tocante, o profissional da engenharia deve estar em busca constante de soluções tecnológicas atreladas a custo e benefícios favoráveis (DELVINO, 2016).

Neste contexto, o setor vem buscando continuamente aperfeiçoar o cronograma, a qualidade, a redução de custos, a redução de desperdícios e de entulhos nas construções, a produtividade e, sobretudo, a agilidade. Assim, a utilização de novas tecnologias em substituição à alvenaria de bloco cerâmico vem sendo estudada, o que possibilita principalmente uma redução no custo dos empreendimentos (VRIJHOEF, 2015).

Dentro desta ótica, Hameed (2010) define as novas tecnologias a serem empregadas como essenciais e adverte quanto aos aspectos construtivos, a partir da análise de sua execução, produtividade, mão de obra disponível no mercado; aspectos ligados ao uso e à manutenção, além de critérios de desempenho térmico, acústico, estrutural.

Uma dessas novas tecnologias é a vedação interna com *drywall*, que vem se tornando tendência no mercado. Este método construtivo possibilita uma edificação otimizada, já que reduz mão de obra e desperdício de materiais envolvidos no canteiro. A montagem dessas vedações se dá por meio de perfis de chapas zincadas, constituídas por guias e montantes, sobre os quais são fixadas as chapas de gesso acartonado, em uma ou mais camadas, gerando uma superfície apta a receber o acabamento final (MOURA, 2018).

Sob esta ótica, um questionamento deve ser realizado: “é viável substituir o sistema construtivo de vedação tradicionalmente aceito pelos usuários de bloco cerâmico pelo sistema *drywall*”? Observa-se, entretanto, que para a obtenção de uma resposta assertiva quanto a esta indagação torna-se crucial fazer uma avaliação. Assim, a partir de um estudo comparativo dos custos e dos benefícios para os dois sistemas de vedação em ambientes internos será possível verificar qual sistema construtivo mais conveniente aplicar em uma residência na cidade de Jussara-GO.

1.4 - METODOLOGIA

O método de pesquisa deste trabalho consiste em empreender um estudo de caso por meio de um criterioso levantamento de dados para possibilitar sua aplicação prática. É embasado em normas

técnicas, dissertações de mestrado, materiais disponibilizados pela Associação Brasileira de Drywall, bem como artigos técnicos e livros.

Para ser possível estabelecer uma comparação entre os dois métodos de vedação, em uma edificação comercial. Para tanto foi apresentado um primeiro cenário cujo sistema de vedação interna feito com placas *drywall* simples, ST ou RU, de 12,5mm, espaçadas com guias de 70mm com lã de vidro e o espaçamento dos montantes de 600 mm, conforme Figura 1.

Tipo de parede	Espessura da parede	Perfil	Paginação dos montantes	Altura Limite Montantes		Chapa	Peso (Kg/m ²)	Resistência ao fogo		Índice de isolamento acústico (dB)	
				Simples	Duplos	Quantidade e Espessura		Com ST	Com RF	Sem lã	Com lã
Parede entre ambientes de uma mesma unidade	95 mm	70	600	3	3,6	02 BR					
			400	3,3	4,05	12,5 mm	20	½ h	½ h	38/40	44/46
			300	3,7	4,40						
Parede entre unidades distintas	120 mm	70	600	3,7	4,4	04 BR					
			400	4,1	4,8	12,5 mm	40	1h	1 ½ h	44/46	50/52
			300	4,5	5,25						
Parede para grandes alturas	300 mm	90	600	10,8	12,85	04 BR					
			400	10,85	12,9	12,5 mm	40	1h	1 ½ h	56/58	61/63
			300	10,85	12,95						
Parede com alta performance acústica	200 mm	70	600	2,9	3,4	04 BR		1h	1 ½ h	53/55	60/62
			400	3,2	3,7	12,5 mm	40	1h	1 ½ h	53/55	60/62
			300	3,4	4,1			1h	1 ½ h	53/55	60/62

Figura 1- Componentes adotados no sistema *drywall*

Fonte: Placo, 2013.

Em um segundo momento, o cenário consistiu na utilização de vedação interna, com bloco cerâmico de 19x19x29 cm; além disso, foi descritos os passos e materiais necessários nesse tipo de construção, relativos a custos e mão de obra. Em todas as considerações, portanto, contaremos com o auxílio dos *softwares* AutoCad e MS-Excel.

Após o levantamento de dados foi comparado os preços do mercado local dos serviços para levantar os custos e realizar o comparativo entre os dois tipos de vedação vertical interna. Tal comparação entre o valor do metro quadrado, em relação à mão de obra, para os dois métodos construtivos, será expressa por meio de planilhas explicativas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em 1898, nos Estados Unidos, a chapa de gesso acartonado foi desenvolvida por Augustine Sackett, diante da necessidade de atualização das vedações verticais, o que trouxe um início de revolução para a construção civil. O Brasil, no entanto, apresenta um atraso tecnológico nesse quesito, desde sua criação nos EUA, de cerca de 100 anos, uma vez que somente após muitas alterações esse gesso acartonado teve aceitação no mercado brasileiro e, mesmo assim, apenas em meados de 1990 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL, 2011).

2.1 ALVENARIA DE VEDAÇÃO

O sistema construtivo de alvenaria é formado por elementos resultantes da união de blocos sólidos justapostos, unidos com argamassa ou não, formando um elemento vertical com função de resistir a cargas gravitacionais, à vedação dos espaços, a resistir a impactos, assim como fornecer proteção acústica e térmica aos ambientes.

De acordo com Yazigi (2002), a alvenaria de vedação é dimensionada para suportar somente seu peso próprio, não suportando cargas verticais. Este sistema possibilita mais opções ao elaborar o projeto arquitetônico. Divide-se em alvenaria interna e externa, sendo a interna responsável por apenas separar os ambientes, enquanto a externa deve apresentar resistência à umidade, movimentos térmicos, à pressão do vento e também à infiltração de águas pluviais.

Tem-se o conhecimento de que a forma construtiva mais utilizada no Brasil é a tradicional e artesanal, isto é, costuma-se usar a alvenaria de bloco cerâmico e esta pode ser empregada na confecção de diversos elementos construtivos. Aliás, o exemplo dado na Figura 1 retrata uma parede de bloco cerâmico com estrutura em concreto armado. Quanto à qualidade, esta dependerá da fabricação, do produto utilizado e da competência do executor, necessitando de conferência de prumo e nível, conforme demonstrado nas Figuras 2 e 3, ou seja, serem verificados a cada fiada levantada (CAPORRINO, 2018).



Figura 2- Alvenaria de Bloco Cerâmico.
Fonte: Própria, 2021.



Figura 3- Levantamento de Alvenaria tradicional
Fonte: Própria, 2021.

A normatização para os blocos cerâmicos no Brasil é composta pelas normas: ABNT NBR 15270-1:2005 (Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos), ABNT NBR 15270-2:2005 (Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural - Terminologia e requisitos), ABNT NBR 15270-3:2005 (Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio), que se encontram atualmente em revisão.

A NBR 15575 (ABNT, 2013c) estabelece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam às edificações. Segundo esta norma, são exigências dos usuários e, portanto, devem ser atendidas quanto à segurança, à habitabilidade, à sustentabilidade e a determinado nível de desempenho.

Conforme explicita Caporrino (2018), para que a execução seja bem realizada faz-se necessário um projeto detalhado das alvenarias, de forma a orientar, clara e objetivamente, a fim de evitar interpretações equivocadas e, ainda, para elucidar dúvidas. Desse modo, cada subsistema obterá o correto desempenho, o que será fundamental para minimizar a ocorrência de problemas. Ter boa comunicação entre as áreas de projeto, execução e treinamento efetivo das equipes também será fator de valorização e de estímulo ao aprimoramento continuado.

2.1.1.EXECUÇÃO DA ELEVAÇÃO

As etapas do método executivo, segundo Thomaz et al. (2009), podem ser subdivididas em locação ou demarcação e elevação. A elevação só deve ser realizada após a cura do concreto da estrutura, ou seja, após no mínimo 28 dias. A execução do assentamento deve ser da extremidade ao centro, de modo escalonado com a 1.ª fiada, através das juntas de amarração. Efetua-se a marcação de cota de cada fiada e devem ser assegurados nivelamento e prumo da parede, conforme ilustrado na Figura 4. Este cuidado deve ser, no mínimo, verificado a cada três fiadas até se aproximar da viga de cobertura para a execução do encunhamento/fixação, que se trata da conexão da alvenaria com o fundo da viga

ou laje, onde a última fiada estabelece uma área para colocação do elemento de fixação. Tais elementos podem ser meio-blocos, canaletas ou espuma expansiva, como se verifica na Figura 5.



Figura 4-Detalhe de equipamentos e etapa da elevação de alvenaria
Fonte: Própria, 2021.



Figura 5-Encunhamento com Poliuretano.
Fonte: Própria, 2021.

2.1.2.VERGA E CONTRAVERGA

Como preceitua a NBR 15812-2 (ABNT, 2010), vergas e contravergas, podem ser executadas com canaletas preenchidas com graute e armadura, peças moldadas no local ou peças pré-fabricadas, conforme determinação de projeto.

Thomaz et al. (2009) assinalam que a introdução de uma taxa mínima de armadura na alvenaria (0,2%, por exemplo) não chega a aumentar significativamente a resistência à compressão da parede; entretanto, tal armadura melhora substancialmente o comportamento da alvenaria quanto à fissuração, normalmente provocada por flexão ou torção da estrutura de apoio, ocorrências de recalques diferenciados ou qualquer outra espécie de ação. Todavia, estas armaduras podem ser integrantes de cintas de amarração ou pilaretes grauteados, ou serem constituídas por ferros corridos ou treliças planas embutidas nas juntas de assentamento, conforme Figura 6.

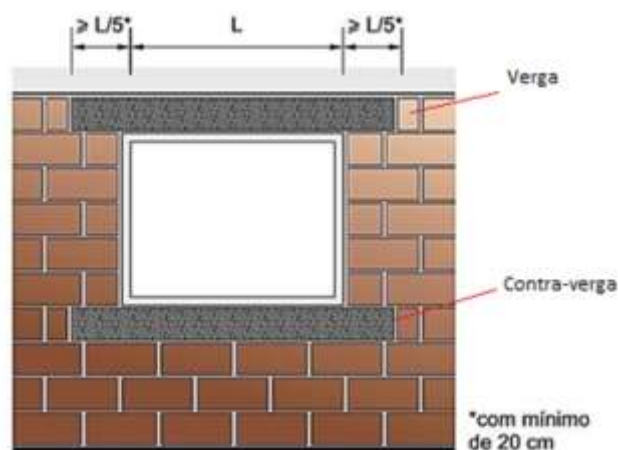


Figura 6-Vergas e contravergas no contorno de vãos de janela.

Fonte: THOMAZ et al., 2009.

2.1.3.ACABAMENTO

O acabamento é a etapa de finalização de uma edificação, a qual proporciona qualidade estética, com vistas ao conforto e à comodidade. Além disso, o acabamento se faz necessário em uma edificação para torná-la resistente às intempéries, assim como aprimorar o conforto térmico e acústico. Uma alvenaria é mal executada quando não respeitarem prumo, alinhamento, esquadro e nível.

Exemplos de problemas de uma alvenaria mal executada:

- Engrossar o reboco em parede sem prumo
- Excesso de recorte em piso cerâmico ou porcelanato em parede sem alinhamento
- Trincas, fissuras em portas e janelas sem verga e/ou contra-verga.
- Retrabalho em vãos de portas e janelas sem dimensões necessárias.

2.1.4.VANTAGENS E DESVANTAGENS

As gerações de resíduo sólidas evidenciam a falta de controle na execução. Eventuais problemas na execução são detectados somente por ocasião da conferência de prumo do revestimento externo, o que contribui para gerar elevados consumos de argamassa e aumento das ações permanentes atuantes no painel de alvenaria (CAPORRINO, 2018).

As alvenarias de blocos cerâmicos, que são usuais nas edificações, apresentam vantagens e desvantagens, consoante expostas no Quadro 2, abaixo:

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Bom isolamento térmico;	Improvisação de soluções construtivas não decorrer da execução (não se utiliza projeto de alvenaria).
Bom isolamento acústico;	Baixa produtividade na execução (elevado consumo de mão de obra).
Boa estanqueidade à água;	Mão de obra insuficientemente qualificada (facilidade de execução, porém nem sempre com qualidade desejada).
Excelente resistência mecânica ao fogo;	As instalações são realizadas após a execução da alvenaria, sendo necessário realizar rasgos e em seguida remendos para preenchimentos dos vazios, gerando o retrabalho e o desperdício.
Durabilidade superior a qualquer outro material;	O desperdício de materiais também no transporte e na execução. Inesperados problemas na execução são vistos somente por ocasião da conferência de prumo do revestimento externo, o que gera elevados consumos de argamassa e aumento das ações permanentes atuantes na estrutura.
Facilidade de produção por montagem ou conformação;	Elevada massa por unidade de superfície.
Maior aceitação pelo usuário e pela sociedade;	Utilidade de revestimentos adicionais para ter textura lisa.
Facilidade e baixo custo dos componentes;	Menor resistência mecânica.
Excelente versatilidade e Flexibilidade.	Domínio técnico centrado na mão de obra executora.
-	Necessidade de materiais adicionais para ter a textura lisa.
-	Deficiente na limpeza e higienização.

Quadro 1-Vantagens e desvantagens da alvenaria de bloco cerâmico

Fonte: Própria, 2021.

2.2.SISTEMA DRYWALL

O *drywall* é um termo com definição na origem da palavra; dry significa seco e wall parede. As chapas de gesso são fabricadas industrialmente mediante um processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivos entre duas lâminas de cartão, em que uma é virada sobre as bordas longitudinais e colada sobre a outra.

O *drywall* vem sendo utilizado regularmente no Brasil desde meados dos anos 90. Possui condutividade térmica $\lambda = 0.18 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ($0.16 \text{ Kcal/h m}^\circ\text{C}$). A chapa de gesso se comporta perante a umidade como um regulador, pois absorve umidade quando o ambiente está excessivamente úmido, mas costuma liberá-la quando o ambiente está seco (REIS et al., 2006).

2.2.1. CARACTERÍSTICAS

As chapas de gesso acartonado são, de acordo com a NBR 14715 (2010), “fabricadas industrialmente mediante um processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivos entre duas lâminas de cartão, onde uma é virada sobre as bordas longitudinais e colada sobre a outra.”. Dessa maneira, o gesso garante resistência à compressão, enquanto que o cartão assegura resistência à tração. Ainda segundo a mesma norma, estas podem ser classificadas segundo o tipo de borda: rebaixada (BR) e quadrada (QD).

Conforme demonstrado na Figura 7, o sistema de *drywall* é constituído por: 1- Guia, 2- montantes, 3- Parafusos autoperfurantes TA 3,5x25mm, 4 Chapa (placas).

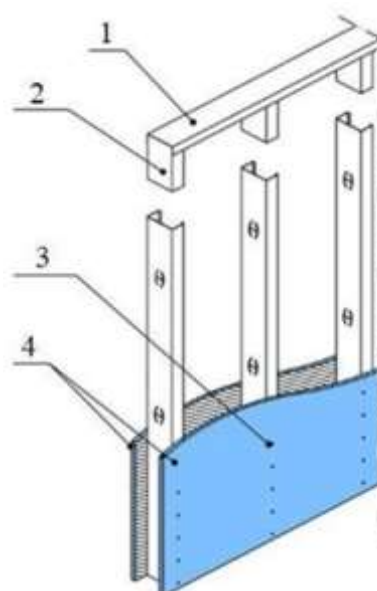


Figura 7-Componentes do sistema

Fonte: Vivadecora, 2018.



Figura 8- Instalação dos montantes

Fonte: Própria, 2021

Figura 9- Fechamento com *Drywall*

Fonte: Própria, 2021

As placas RF- resistência ao fogo –possuem miolo de gesso, cuja fórmula química é $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ em que as duas moléculas de água representam 20% do peso. Sob a ação do fogo, essa água é liberada sob a forma de vapor, retardando os efeitos do fogo. No entanto, o desempenho será determinado por uma série de variáveis como o tipo e a espessura da chapa, a espessura final da parede, a existência ou não de tratamento interno com mantas isolantes e resistentes ao fogo, o tipo de revestimento aplicado e outras características.

Tipo de chapa	Código	Aplicação	Exemplificação
Standart	ST	Paredes, revestimentos e forros em áreas secas	
Resistente à umidade	RU	Paredes, revestimentos e forros em áreas sujeitas à umidade por tempo limitado (de forma intermitente)	
Resistente ao fogo	RF	Paredes, revestimentos e forros em áreas secas, com chapas especialmente resistentes ao fogo	

Quadro 2-Tipos de chapas de gesso acartonado

Fonte: Adaptado da KNAUF, 2015.

Conforme a NBR 14715 (2010), algumas das características físicas que estas chapas devem atender são as seguintes:

- Dureza superficial determinada pelo diâmetro máximo: 20 mm
- Absorção máxima de água (chapa RU): 5 %
- Absorção superficial máxima de água (chapa RU): 160 g/m².

- Resistência mínima à ruptura na flexão (N): Longitudinal para as placas de 9,5 mm, 12,5 mm e 15 mm são respectivamente 400, 550 e 650. Transversal para as placas de 9,5 mm, 12,5 mm e 15 mm são respectivamente 160, 210 e 250.
- Vida útil de projeto: no mínimo ≥ 20 anos.

2.2.2.VANTAGENS E DESVANTAGENS DRYWALL

O sistema Drywall apresenta as seguintes vantagens quando comparado com a alvenaria cerâmica, conforme se verifica no esboço da Figura 10.

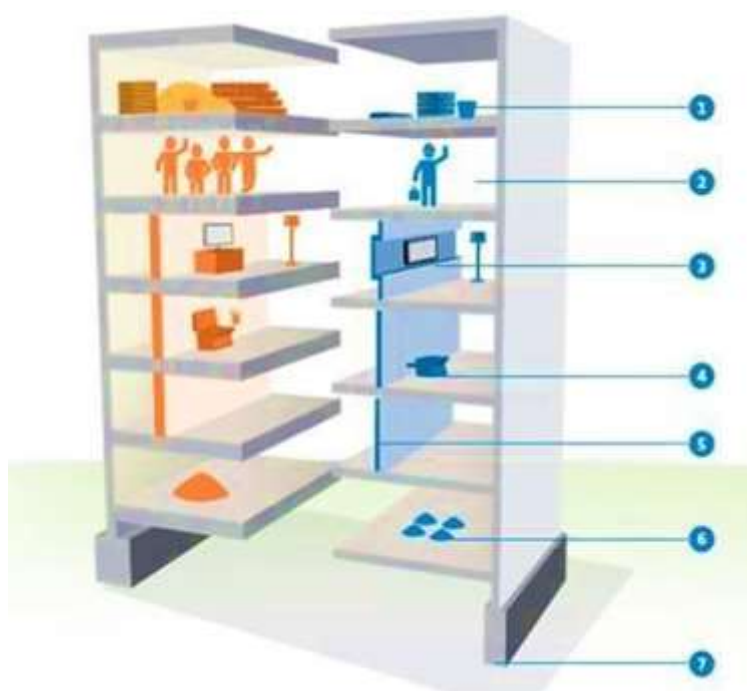


Figura 10-Comparativo Alvenaria x Drywall

Fonte: Placo, 2013.

- 1) Redução do volume de material transportado vertical e horizontalmente.
- 2) Redução de mão de obra e elevada produtividade. O sistema exige uma mão de obra especializada e menos etapas de execução, além de ser mais leve, possibilitando assim uma média de produtividade de 30m² de parede por dia por dupla de trabalhadores.
- 3) Flexibilidade de layout. O sistema permite uma modelagem maior do que alvenaria cerâmica e utiliza menos recursos (tempo, material, mão de obra).
- 4) Facilidade nas instalações, evitando quebras em função dos vazios.
- 5) Menor espessura de parede, o que resulta em ganho de área útil.

6) Mínimo desperdício e retrabalho.

7) Redução de peso, o que torna a construção mais leve.

Por fim, Oliveira (2016) ressalta que é possível perceber que cada sistema possui características únicas; sendo assim, a escolha do sistema de vedação interno é influenciada por diversos fatores, tais como o local de aplicação, as necessidades do projeto e as propriedades da edificação. Essas e outras considerações devem ser avaliadas para que o sistema escolhido não se torne um problema na edificação.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
A espessura de parede é menor do que outros sistemas, gerando ganho de espaço interno;	Há preconceito por parte de alguns clientes de edifícios comerciais, o que leva ao uso da vedação em bloco cerâmico. Esse preconceito diminuiu há décadas, quando o sistema foi introduzido no mercado brasileiro, mas ainda existe;
Menor prazo de execução; Maior controle de qualidade na execução;	Não pode ser usada em ambientes com umidade elevada e contínua, tais como saunas ou piscinas aquecidas e cobertas;
Produção independente de condições climáticas;	-
Maior qualidade e precisão geométrica;	-
Maior controle do custo;	-
É uma vedação leve, o que se traduz em economia na estrutura e na fundação da edificação;	Não é produzida por mão de obra abundante e sim especializada, podendo encarecer o custo da obra;
O acabamento é tão bom quanto o de alvenaria, permitindo pinturas e formatos criativos de decoração, o que gera ganho de percepção de valor ao cliente;	O comportamento à umidade depende da escolha da placa e de distanciamento das extremidades com as lajes de piso e cobertura, sendo um dos itens mais críticos, principalmente para as placas comuns;
Combinado com laje nervurada, permite criar edifícios com ótima flexibilidade arquitetônica, permitindo alterações de planta sem grandes problemas;	O usuário precisa ter bem claro, inclusive no manual do proprietário, que não deve jogar nada ou bater nas paredes, que tem ruptura frágil;
Construção otimizada, com menos mão de obra e desperdício de materiais envolvidos no canteiro de obras, gerando menos resíduos;	Objetos fixos à parede como quadros, nichos, painéis, devem ficar tão próximos quanto possível dos reforços de madeira (outro item a considerar no manual do proprietário), o que demanda montagem ou, quando da instalação, uma reforma para inserção;
Material demolido permite reaproveitamento;	Exigem a presença de juntas de dilatação bem produzidas na interface com as lajes, pois a variação dimensional por conta de dilatação térmica é diferente do concreto.
Existe precisão dimensional nos componentes do sistema;	-

Construção sustentável, pois demanda baixo consumo de água e energia, além de gerar baixo volume de resíduos;	-
Os perfis formados a frio são largamente utilizados pela indústria, o que torna sua obtenção bastante fácil.	-

Quadro 3-Vantagens e desvantagens do Sistema

Fonte: Própria, 2021.

3. ESTUDO DE CASO

A obra escolhida foi uma drogaria estabelecida na cidade de Goiânia no setor Novo Mundo, possui 226,08 m² de área construída mais 388,90 m² de estacionamento totalizando 614,98 m². As vedações internas do empreendimento possuem 132,73 m², sendo que 58,00 m² correspondem as áreas molhadas. Dividida em: Salão de Vendas, Serviços Farmacêuticos, Banheiros para Portadores de Necessidades Especiais (PNE), Medicamentos, Psicotrópicos, Sala de recebimentos de mercadorias, Estoque, CPD (centro de processamento de dados), Gerência, DML, Copa, Sanitários e Vestiários.

A mesma teve início em maio de 2021 e foi inaugurada em julho deste mesmo ano. A estrutura foi em concreto armado, Figura 11 “A”, com fechamento em bloco de concreto, Figura 11 “B”, contrapiso impermeabilizado com lona plástica e concreto armado, dentro das normas brasileiras que foram utilizadas como parâmetros nesta etapa da obra foram respectivamente a NBR 6118 (ABNT, 2014), NBR 6136 (ABNT, 2014) e a NBR 15575-3 (ABNT, 2015) a parte 3 trata especificamente sobre piso.



Figura 11-Construção do objeto

Fonte: Própria, 2021.

A execução do revestimento de parede seguiu as recomendações da norma técnica NBR 13.529 (ABNT, 2013).

3.1.CONFEÇÃO DAS ALVENARIAS INTERNAS

Depois do contra piso pronto iniciou-se a montagem do sistema de Drywall com basicamente três passos: estruturação de perfis, fixação de placas e tratamento de juntas. O pé-direito de 3 metros das alvenarias. O sistema consiste na estruturação com guias, montantes simples de 70 mm a cada 60 cm espaçados e um chapa de gesso acartonado para cada face da parede. Conforme Figura 12, primeiro os montadores começam a estruturação das guias e perfis, em seguida as placas de gesso acartonado em uma das faces da parede posteriormente a outra face dando o formato da parede.

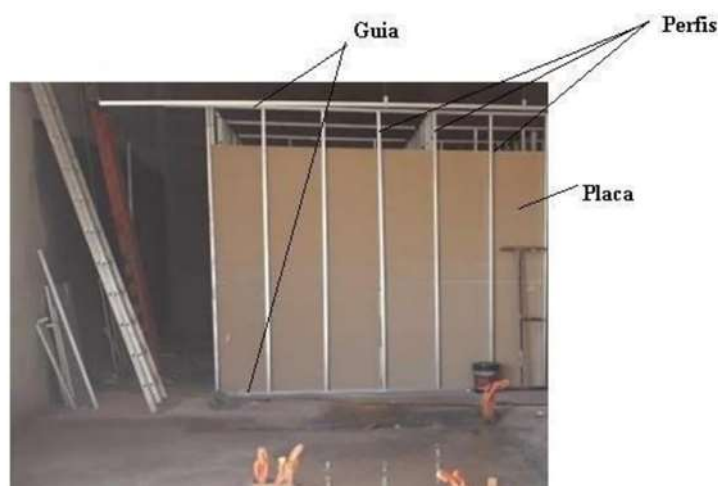


Figura 12- Elevação das Paredes

Fonte: Própria, 2021.

Logo após a fixação das placas ocorre o acabamento final, com aplicação de fita e a massa, Figura 13 para finalizar o serviço, concluindo esta etapa, as paredes recebem uma camada finíssima de massa corrida, Figura 14 e pintura de acabamento, Figura 15.



Figura 13- Aplicação de fita com massa
Fonte: Própria, 2021.



Figura 14- Aplicação de massa de nivelamento
Fonte: Própria, 2021.



Figura 15- Parede finalizada com Pintura

Fonte: Própria, 2021.

Depois do levantamento de dados as quantidades foram obtidas em projeto, através da Programa AutoCAD, a composição dos custos da alvenaria de bloco cerâmico foi definida através da geração de dados das Tabelas da Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes -GOINFRA (Anexo), data base 30/06/2021. Para comparação do custo final e a viabilidade do empreendimento, criou-se planilhas orçamentárias e gráficos, obtidos através da análise dos custos unitários e globais dos materiais, da mão de obra e encargos sociais. E a composição dos custos da alvenaria em *Drywall* foi baseada os preços do mercado local dos serviços.

A Tabela 1 apresenta uma comparação entre o valor do metro quadrado, em relação a mão de obra, para alvenaria em bloco cerâmico e Tabela 2 para o mesmo serviço com material *Drywall*.

Mão de obra				
Alvenaria em bloco cerâmico				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Alvenaria	159,6	m²	26,44	4.219,82
Chapisco	319,2	m²	2,88	919,30
Reboco	319,2	m²	12,59	4.018,73
Acabamento em massa corrida	319,2	m²	5,39	1.720,49
Pintura	319,2	m²	5,43	1.733,26
Total				12.611,59

Tabela 1- Valor da mão de obra Bloco cerâmico

Fonte: Goinfra, 2021

Mão de obra				
Drywall				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Chapa drywall	319,2	m²	7,50	12.349,85
Perfil guia	159,6	m²	5,30	1.011,86
Perfil montante	159,6	m²	7,20	1.353,41
Acabamento em massa corrida	159,6	m²	2,26	75,01
Pintura	319,2	m²	3,94	1.733,26
Total				6.007,34

Valor do preço praticado na FM Construtora.

Tabela 2-Valor da mão de obra para Drywall

Fonte: FM Construtora, 2021.

Material				
Parede em bloco cerâmico convencional				
Insumo	Quantidade	Unidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Alvenaria de tijolo furado 1/2 vez - 9 x 19 x 19 - arg. (1calh:4arml+100kg de ci/m³)	159,60	m²	19,24	3.070,70
Chapisco Comum	319,2	m²	1,84	587,33
Reboco paulista (1 calh:4 armlc+100kgci/m³)	319,2	m²	6,73	2.147,22
Emassamento com massa PVA duas demãos	319,2	m²	1,68	536,26
Pintura PVA látex 2 demãos com selador	319,2	m²	3,60	1.149,12
Total				7.491,62

Tabela 3-Material alvenaria em bloco cerâmico.

Fonte: GOINFRA, 2021.

A Tabela 4 apresenta os materiais e seus custos para execução de vedações internas em *drywall*, parede acabada, vale ressaltar que para o cálculo da Tabela 4 os quantivos foram acrescidos de 10% para cobrir as possíveis perdas.

Material				
Drywall				
Insumo	Quantidade	UNIDADE	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Chapa St 1,2x2,4	101	un	29,90	3.019,90
Chapa Verde 1,2x2,4	22	un	45,50	1.001,00
Montante 48 x 3000mm	117	Pç	13,76	1.609,92
Guia 48 x 3000 mm	58	Pç	3,45	200,10
Parafuso TTPC 25	1200	Pç	0,06	72,00
Parafuso TTPF 25	1000	Pç	0,042	42,0
Parafuso Lb 13	1000	Pç	0,033	33,00
Massa pronta	120	Kg	1,967	236,04
Fita papel	9	Rolo	19,0	171,00
Rebite	700	Pç	0,093	65,10
Emassamento com massa PVA uma demão	127,70	m²	9,47	1.209,32
Pintura PVA látex 2 demãos sem selador	127,70	m²	9,12	1.164,62
		Total		8.824,00

Tabela 4-Material alvenaria em *Drywall*

Fonte: FM Construtora, 2021.

A análise pela comparação da redução de carga gerada por cada um dos sistemas, a Tabela 5 mostra o resultado.

Serviço	Unidade	Quantidade	Peso (Kg/m²)	Peso Total sobre a Estrutura (t)
Execução de paredes internas em alvenaria convencional de bloco cerâmico.	m²	159,60	150	23,94
Execução de paredes internas em <i>drywall</i> .	m²	159,60	30	4,79

Tabela 5-Planilha da diferença de carga na estrutura.

Fonte: Própria, 2021.

Em média a alvenaria convencional rende com um pedreiro e um ajudante 15 m² por dia, enquanto o *drywall* com a mesma mão de obra rende 30 m² ao dia. Na Tabela 06 dispõe a comparação.

Método construtivo	Cálculo	Total (Dias)	Redução Relação à alvenaria cerâmica
Alvenaria convencional de bloco cerâmico.	159,60m ² /15m ²	10,64	50%
Paredes em drywall.	159,60m ² /30m ²	5,32	
Diferença em Dias		5,32	

Tabela 6-Comparativo de Produtividade

Fonte: Própria, 2021.

Na Figura 16 o gráfico evidencia o custo total de *drywall*, de R\$ 14.831,34, percebe-se que 59% é referente a materiais e 41% referente à mão de obra.

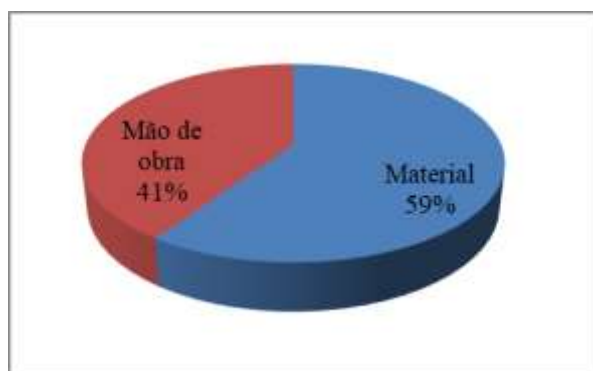


Figura 16-Custo total do *Drywall*

Fonte: Própria, 2021.

Ao fazer a mesma análise para a vedação de alvenaria acabada, percebe-se que o valor orçado em R\$ 20.103,21, perfazendo 37% é referente aos materiais e 63% à mão de obra.



Figura 17-Custo total da alvenaria convencional

Fonte: Própria, 2021.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Considerando os resultados, Tabelas 1 e 2, tem-se uma diferença de valor pago para a execução do serviço na mão de obra que favorece o *Drywall* em R\$ 6.604,25 (seis mil seiscentos e quatro e um reais

e vinte e cinco centavos), o que equivale a uma redução de 52 %, do valor pago para executar o mesmo serviço com paredes de *Drywall*. Lima (2012) ao comparar os dois sistemas para uma obra na cidade de Feira de Santana, encontrou uma redução 52,62% no valor da mão de obra com o uso de *Drywall*.

Nas Tabelas 3 e 4 referentes aos custos dos materiais, existe uma diferença de valor pago na aquisição dos materiais que favorece a alvenaria convencional em R\$ 7.491,62 (sete mil quatrocentos e noventa e um reais e sessenta e dois centavos). Este valor equivale a uma redução (economia) de 15 %, do valor pago para executar o mesmo serviço com paredes de *Drywall*. Fleury (2015) em sua pesquisa encontrou 64% gasto com materiais e apenas 36% referente à mão de obra. Ao fazer a mesma análise para a vedação de alvenaria com revestimento argamassado, percebeu que do valor orçado em R\$ 910.854,10, 36% é referente aos materiais e 64% à mão de obra.

Souza (2019) após levantamento de custo utilizando preços do SINAPI e composição de serviços do TCPO 2013 concluiu que o custo do fechamento de paredes internas com *drywall* ficou 7,23% menor que o mesmo serviço com alvenaria de tijolo cerâmico furado. Diferente do resultado encontrado por Lima (2012) que ao analisar os resultados da comparação de custos dos materiais dos dois métodos construtivos obteve uma diferença de valor que favorece a parede em bloco cerâmico com uma redução de 31,45%.

Analisando os resultados da Tabela 5, referentes à carga gerada que cada sistema representa sobre as peças estruturais e de fundações temos uma redução de carga de 19,15 toneladas (dezenove vírgula quinze toneladas), fornecida pelo *drywall*, o que equivale a 79,99 % (setenta e nove e noventa e nove por cento) de redução de peso da parede interna sobre a estrutura do edifício. Fleury (2015) em seus estudos concluiu que alvenaria de bloco cerâmico é 6 vezes maior do que *Drywall*. Bernardi (2014) pesquisou a execução do Lages Garden Shopping, Santa Catarina e obteve uma redução de carga de 87,91% se todo fechamento fosse usado apenas *Drywall*.

Heringer (2018) em seu estudo de caso concluiu que para o sistema de alvenaria convencional os valores pagos a mão de obra e material foram 16,30% maiores que os pagos ao sistema de *Drywall*, desta forma o autor concluiu que o *drywall* é mais lucrativo. No mesmo estudo mostra que a alvenaria de bloco cerâmico gerou uma carga de 99,13 toneladas enquanto o *drywall* uma carga de 19,83 toneladas, originando uma redução de 79,99 % tornando o *drywall* mais vantajoso que a alvenaria convencional.

Da Costa (2018) em sua pesquisa em um edifício de uso residencial, composto por oito pavimentos, com seis apartamentos por andar, totalizando 48 apartamentos, além de um pavimento térreo e o

pavimento ático destinado à casa de máquinas, reservatório, pára-raios e antenas coletivas e concluiu que houve uma redução de 6,27% no peso da estrutura ao usar *Drywall*.

Avaliando os resultados, Tabela 6, concluir que o *Drywall* leva a metade do tempo para ser confeccionada, tomando aproximadamente 6 dias para ser feita enquanto a parede de bloco cerâmico leva aproximadamente 11 dias para ficar pronta, portanto o *Drywall* é mais viável (produtivamente) que a alvenaria de bloco cerâmico. Souza (2019) observou que o fechamento de paredes internas em *drywall* foi feito em dez dias, enquanto que o fechamento de paredes internas com alvenaria de tijolo cerâmico furado foi feito em 28 dias, ou seja, uma diferença de 18 dias, que dá uma rapidez maior para este serviço com *drywall* de 64,29% quando comparado com o tijolo cerâmico furado.

Côrtes (2018) em análise de obra de 1.747 m² da Alpha Engenharia- Curitiba concluiu que a escolha pelo *Drywall* gerou economia no tempo de construção afetando diretamente no custo de mão de obra. Na obra analisada, o custo total da alvenaria é de aproximadamente R\$ 150,7 mil, sendo R\$ 104,2 mil destinados somente à mão de obra, o que representa quase 70% do total. O oficial de pedreiro executa, em média, de 15 m² a 20 m² de alvenaria por dia, enquanto um montador de *drywall* tem uma produção próxima aos 40m² no mesmo período. (FERREIRA, 2012).

Ao analisar a construção de um edifício residencial, elaborado e executado por uma construtora, que não disponha de todo o recurso financeiro para a conclusão da obra, dependendo da venda dos apartamentos para a sequência do cronograma de execução, considera-se que o sistema em *Drywall* não é o mais indicado, pois seu maior destaque é a rapidez na execução, neste sentido um adiantamento do cronograma não é favorável, (TRES, 2017).

5. CONCLUSÃO

A construção civil vem buscando cada vez mais por melhorias na qualidade e agilidade de execução de uma obra, mantendo os padrões exigidos pelo mercado. O presente trabalho propiciou um maior conhecimento sobre os sistemas construtivos em estudo que são capazes de satisfazer este critério onde o método construtivo de *Drywall* se mostrou eficiente na redução no cronograma físico financeiro da obra, carga total da edificação, redução da ferragem e concreto, na subestrutura e estrutura, levando a uma redução significativa no valor final da obra.

Portanto, após as análises dos resultados, evidencia-se que o *Drywall* é economicamente mais viável para os construtores, pois eles lucram no ato da construção e com o prazo de conclusão da obra. Com estes resultados, o *Drywall*, prova ser um produto bem atrativo para o mercado da construção.

Acredita-se que a falta de informação e o tradicionalismo da indústria da construção civil, impossibilitam o *drywall* de se tornar popular. Porém seriam necessários novos estudos para comprovação ficando assim esta temática como sugestão para estudos futuros.

Desta forma após análise pormenorizada dos dois sistemas de vedação interna, e o confronto dos resultados pode-se identificar o impacto no cronograma físico-financeiro com base na utilização de alvenaria de bloco cerâmico e *drywall* na vedação interna de uma mesma edificação. Sendo assim os objetivos específicos foram alcançados.

REFERÊNCIAS

- ARKIN, H.; COLTON, R. R. Tables for Statisticians. 3ª Edição. Estados Unidos da América: Barnes and Noble, INC, 1956. v.1. 158. Disponível em: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.b3824730;view=1p;seq=13>. Acesso em: 09 jun. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE DRYWALL. Resíduos de Gessona Construção Civil – Coleta, Armazenagem e Destinação para Reciclagem – 2.ª edição. São Paulo – SP, setembro de 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15.575 ; 2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho.
- _____. NBR 15270-1; 2005- Componentes cerâmicos.
- _____. NBR 6355 ; 2012 – Perfis estruturais de aço formados a frio — Padronização
- _____. NBR 14.762 ; 2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.
- AWA COMERCIAL. Números sobre o desperdício na construção Civil. Disponível em: <http://awacomercial.com.br/blog/numeros-sobre-desperdicio-na-construcao-civil-e-razoes-parareutilizar-materiais>. Acesso em: 15 mai. 2019.
- BERNARDI, Vinicius Batista. Análise do método construtivo de vedação vertical interna em drywall em comparação com a alvenaria. REPOSITÓRIO DE RELATÓRIOS- Engenharia Civil, n. 1, 2014.
- BRITO DA COSTA, E. et all. Apresentando o drywall em paredes, forros e revestimentos. Anais 12.º Encontro Científico Cultura Interinstitucional– 2014 ISSN 1980- 7406 2014.
- CAPORRINO, Cristiana Furlan Patologias em alvenarias. Livro 2. ed. São Paulo : Oficina de Textos, 2018.
- CONSUL STEEL. Construcción con acero liviano – Manual de Procedimiento. Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1 CD-ROM. 258p.
- CÔRTEZ, Lucas Rodrigues. Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico de vedação e Drywall. 2018.
- CRASTO, R. C. M. de. Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados: LSF. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

DA COSTA, Ana Cristina Sousa; Silva, Larisse Almeida. Estudo da Viabilidade Entre Drywall e Alvenaria Para Vedação Interna de Edificação Predial. 2018.

DELVINO, André Francis. Estudo da viabilidade técnica e econômica da inserção de argamassas projetadas mecanicamente. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ECKERT, D. G. Comparativo orçamentário utilizando os sistemas construtivos convencional e Light Steel Framing. 2017. 134 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

FERREIRA, Romário. Revista Construção mercado. Notícia: Alvenaria de tijolos cerâmicos X drywall. Edição 136, editora PINI, 2012.

FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/noticias/somos-uma-industria-atrasada-em-tecnologia-diz-vice-presidente-da-associacao-brasileira-dos-escritorios-de-arquitetura>>. Acesso em 8/06/2021.

FARIA, Renato, Revista Techne. Notícia: R. Evolução. São Paulo, PINI, 2008.

FLEURY, Lucas Eira. Análise das vedações verticais internas de drywall e alvenaria de blocos cerâmicos com estudo de caso comparativo. 2015.

GASPAR JÚNIOR, L. A. et al. Estudo comparativo das argilas das olarias dos municípios de Alfenas e Areado, MG. Cerâmica (São Paulo. Impresso), v. 58, p. 404-411, 2012.

HAMEED, Z.; AHN, S. H.; CHO, Y. M. Practical aspects of a condition monitoring system for a wind turbine with emphasis on its design, system architecture, testing and installation. Renewable Energy, v. 35, n. 5, p. 879-894, 2010.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo: PINI, 1993.

HERINGER, Abigail Silva. "Análise de custos e viabilidade entre drywall e alvenaria convencional." Repositório de Trabalhos de Conclusão de Curso e Monografias (2018).

ANEXO



GOINFRA - AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES

30/06/2021 - 09:13

Relatório de Composição do Serviço

Página: 1457 de 1944

Tabela de preços: TABELA 149 - CUSTOS DE OBRAS CIVIS - JULHO/2021 - ONERADA

Data base: 01/07/2021

Serviço: 100155 - ALVENARIA DE TIJOLO FURADO 1/2 VEZ 11,5 X 19 X 19 - ARG. (1 CALH:4ARML + 100 KG DE CI/M3)

Unidade: m2

Código auxiliar	(B) Mãos-de-obra	Eq. Salarial	Sal/Hora	Encargos(%)	Consumo	Custo Horário
0005	SERVENTE	5,10	11,17	119,02	1,1219	12,53
0004	PEDREIRO	8,45	18,51	119,02	0,7516	13,91
(B) Total:						26,44

Código auxiliar	(C) Materiais	Unidade	Valor unitário	Consumo	Valor total
2821	TIJOLO FURADO 11,5 X 19 X 19CM	un	0,84	27,0000	22,68
0104	AREIA MEDIA	m3	126,67	0,0171	2,17
1221	CAL HIDRATADA	Kg	0,63	2,5594	1,61
1215	CIMENTO PORTLAND C.P. 32	Kg	0,52	1,5333	0,80
(C) Total:					27,26

Custo direto total (A) + (B) + (C) + (D) + (E)					53,70
BDI: 0,00%					0,00
Preço unitário total					53,70



GOINFRA - AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES

30/06/2021 - 09:13

Relatório de Composição do Serviço

Página: 1652 de 1944

Tabela de preços: TABELA 149 - CUSTOS DE OBRAS CIVIS - JULHO/2021 - ONERADA

Data base: 01/07/2021

Serviço: 200101 - CHAPISCO COMUM

Unidade: m2

Código auxiliar	(B) Mãos-de-obra	Eq. Salarial	Sal/Hora	Encargos(%)	Consumo	Custo Horário
0005	SERVENTE	5,10	11,17	119,02	0,1077	1,20
0004	PEDREIRO	8,45	18,51	119,02	0,0907	1,68
(B) Total:						2,88

Código auxiliar	(C) Materiais	Unidade	Valor unitário	Consumo	Valor total
1215	CIMENTO PORTLAND C.P. 32	Kg	0,52	2,2700	1,18
0104	AREIA MEDIA	m3	126,67	0,0052	0,66
(C) Total:					1,84

Custo direto total (A) + (B) + (C) + (D) + (E)					4,72
BDI: 0,00%					0,00
Preço unitário total					4,72



GOINFRA - AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES

30/06/2021 - 09:13

Relatório de Composição do Serviço

Página: 1662 de 1944

Tabela de preços: TABELA 149 - CUSTOS DE OBRAS CIVIS - JULHO/2021 - ONERADA

Data base: 01/07/2021

Serviço: 200403 - REBOCO (1 CALH:4 ARFC+100kgCI/M3)

Unidade: m2

Código auxiliar	(B) Mãos-de-obra	Eq. Salarial	Sal/Hora	Encargos(%)	Consumo	Custo Horário
0005	SERVENTE	5,10	11,17	119,02	0,4000	4,47
0004	PEDREIRO	8,45	18,51	119,02	0,4389	8,12
(B) Total:						12,59

Código auxiliar	(C) Materiais	Unidade	Valor unitário	Consumo	Valor total
1215	CIMENTO PORTLAND C.P. 32	Kg	0,52	0,5250	0,27
1221	CAL HIDRATADA	Kg	0,63	0,9555	0,60
2502	AREIA FINA	m3	126,67	0,0083	1,05
(C) Total:					1,92

Custo direto total (A) + (B) + (C) + (D) + (E)					14,51
BDI: 0,00%					0,00
Preço unitário total					14,51



GOINFRA - AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES

30/06/2021 - 09:13

Relatório de Composição do Serviço

Página: 1826 de 1944

Tabela de preços: TABELA 149 - CUSTOS DE OBRAS CIVIS - JULHO/2021 - ONERADA
Serviço: 261301 - EMASSAMENTO COM MASSA PVA UMA DEMAO

Data base: 01/07/2021
Unidade: m2

Código auxiliar	(B) Mãos-de-obra	Eq. Salarial	Sal/Hora	Encargos(%)	Consumo	Custo Horário
0008	AJUDANTE	5,10	11,17	119,02	0,1485	1,66
0018	PINTOR	8,45	18,51	119,02	0,2016	3,73
(B) Total:						5,39

Código auxiliar	(C) Materiais	Unidade	Valor unitário	Consumo	Valor total
1708	MASSA CORRIDA P.V.A.	Kg	2,22	0,4500	1,00
1674	LIXA PARA PAREDE (NÚMERO 100)	un	0,89	0,1000	0,09
(C) Total:					1,09

Custo direto total (A) + (B) + (C) + (D) + (E)						6,48
BDI: 0,00%						0,00
Preço unitário total						6,48



GOINFRA - AGÊNCIA GOIANA DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES

30/06/2021 - 09:13

Relatório de Composição do Serviço

Página: 1827 de 1944

Tabela de preços: TABELA 149 - CUSTOS DE OBRAS CIVIS - JULHO/2021 - ONERADA
Serviço: 261302 - PINTURA LATEX DUAS DEMAOS COM SELADOR

Data base: 01/07/2021
Unidade: m2

Código auxiliar	(B) Mãos-de-obra	Eq. Salarial	Sal/Hora	Encargos(%)	Consumo	Custo Horário
0018	PINTOR	8,45	18,51	119,02	0,2438	4,51
0008	AJUDANTE	5,10	11,17	119,02	0,0822	0,92
(B) Total:						5,43

Código auxiliar	(C) Materiais	Unidade	Valor unitário	Consumo	Valor total
1674	LIXA PARA PAREDE (NÚMERO 100)	un	0,89	0,1000	0,09
2052	TINTA PVA LATEX	l	20,66	0,1700	3,51
2294	SELADOR ACRILICO	l	7,85	0,1200	0,94
(C) Total:					4,54

Custo direto total (A) + (B) + (C) + (D) + (E)						9,97
BDI: 0,00%						0,00
Preço unitário total						9,97

Modulo de Suprimentos - (Mapa de Cotação)

Genl. Suprimentos Assistentes Utilitários Relatórios Módulos Janela Ajuda



Condições Gerais: (Empresa 2 - FM ENGENHARIA E SERVIÇOS LTDA - ME)

Cotação: 16901 Condição Opção Un Opção

Fornecedores:

Informações Gerais sobre os Itens		1501 - R CERVellini REVES				2478 - PLACK ATACADISTA D			
Itens	Un	Qtde	Qtde Forn	Unitário	Total	Qtde Forn	Unitário	Total	
▶ ARAME GALVANIZADO 11 KG	KG	15,000	15,000	18,000	270,00	15,000	18,700	280,50	
▶ CANTONEIRAÇÃO OLCAZ BR	BR	95,000	95,000	9,500	902,50	95,000	9,940	944,30	
▶ CANTONEIRA COMUM 11 F BR	BR	18,000	18,000	16,500	105,00	18,000	18,900	109,00	
▶ FITA TELADA 50 MM X 600 RL	RL	5,000	5,000	19,000	95,00	5,000	19,270	96,35	
▶ GESSO LENTO PARA DRY KG	KG	120,000	120,000	8,470	96,40	120,000	8,752	90,24	
▶ GUA 48 X 3000 MM	UN	35,000	35,000	19,000	665,00	35,000	29,900	771,50	
▶ GUA 70 X 3000 MM	UN	30,000	30,000	24,000	720,00	30,000	25,320	759,60	
▶ MASSA PRONTA DRYWAL KG	KG	90,000	90,000	1,967	177,03	90,000	2,368	213,12	
▶ MONTANTE 48 X 3000 MM	UN	75,000	75,000	25,450	1,908,75	75,000	25,310	1,898,25	
▶ MONTANTE 70 X 3000 MM	UN	60,000	60,000	29,000	1,740,00	60,000	29,380	1,762,80	
▶ PARAFUSO TRIF 13 PONT UN	UN	18,000	18,000	5,200	93,60	18,000	5,960	107,28	
▶ PARAFUSO TRIF 25 PONT UN	UN	19,000	19,000	6,000	114,00	19,000	6,800	129,20	
▶ PARAFUSO TTPC 25 PONT UN	UN	60,000	60,000	4,000	240,00	60,000	4,200	252,00	
▶ PERFIL F530 3,0 M BR	BR	30,000	30,000	19,150	574,50	30,000	19,320	579,60	
▶ PLACA DE GESSO ACART UN	UN	65,000	65,000	29,900	1,943,50	65,000	26,800	1,742,00	
▶ PLACA DE GESSO ACART UN	UN	15,000	15,000	48,500	727,50	15,000	48,210	723,15	
▶ PLACA FORRO QVIFEX 1 UN	UN	280,000	280,000	24,450	6,846,00	280,000	24,560	6,876,80	
▶ REBITE 5 MM ABALARGA UN	UN	18,000	18,000	21,000	378,00	18,000	12,400	223,20	
▶ REGULADOR F530 UN	UN	90,000	90,000	8,000	720,00	90,000	1,540	138,60	
▶ TRAVESSA PRINCIPAL 3,7 UN	UN	78,000	78,000	11,700	912,60	78,000	9,890	771,42	
▶ TRAVESSA SECUNDARIA UN	UN	450,000	450,000	3,450	1,552,50	450,000	4,950	2,227,50	
▶ FRETE...					0,00			0,00	
▶ TOTALE...					19,915,28			20,826,11	
▶ DF. ALUG. ICMS...					0,00			0,00	
▶ TOT. COM DF. ICMS...					19,915,28			20,826,11	

Capítulo 8

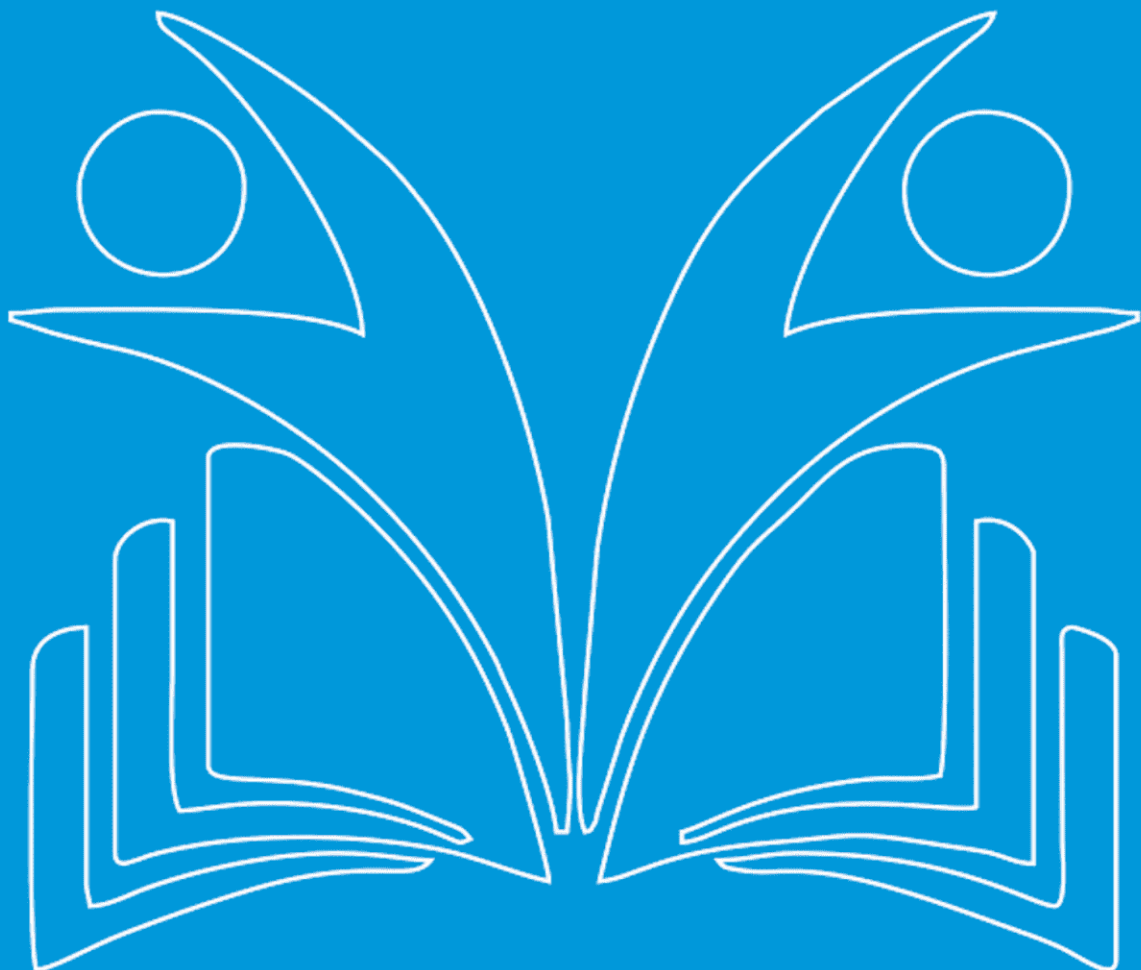


10.37423/220405756

ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS DE PROCESSAMENTO DE GÁS NATURAL

Daiane Mesquita de Oliveira

*Universidade Federal Fluminense (Bacharel
em 2010)*



Resumo: *O gás natural é produzido em associação ao Petróleo ou de forma independente, e é o combustível fóssil mais limpo e eficiente. O gás natural proveniente de poços de produção pode passar por um condicionamento a fim de enquadrar o vapor d'água e gases ácidos, e posteriormente pode passar por uma UPGN – Unidade de Processamento de Gás Natural, para fracionamento. O presente trabalho visa discutir brevemente os quatro processos de separação de frações de hidrocarbonetos de gás natural, que são: Refrigeração simples, Expansão Joule- Thomson (JT), Absorção Refrigerada e Turbo-expansão (TE).*

1. INTRODUÇÃO

O condicionamento do gás natural tem como objetivo enquadrar as características necessárias ao transporte em gasodutos, de modo que este possa ser realizado sem prejuízo para as instalações utilizadas nestas operações (tubulações, compressores, etc). Em geral o principal fator a ser controlado no condicionamento é o ponto de orvalho (“dew-point”) dos hidrocarbonetos e do vapor d’água. A presença de água na fase líquida no gás natural pode levar a formação de hidratos.

Após o condicionamento, as frações do petróleo podem ser sub-divididas em instalações industriais chamadas Unidades de Processamentos de Gás Natural – UPGN’s. Muitas empresas podem se interessar pelas tecnologias envolvidas, a Petrobras por exemplo, anunciou contrato para a construção de uma UPGN em Itaboraí (RJ). A previsão é que entre em operação no segundo semestre de 2020.

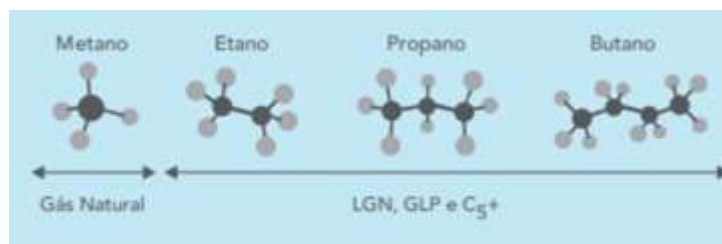


Figura 1 – Frações do “Gás Natural Bruto”.

O objetivo do presente trabalho é comparar teoricamente os 4 principais processos de separação de frações de gás natural que são:

- Refrigeração simples;
- Expansão Joule-Thomson (JT);
- Absorção Refrigerada;
- Turbo-expansão (TE).

2. PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO DE HIDROCARBONETOS

Os quatros processos citados na seção anterior, irão ser descritos a seguir.

REFRIGERAÇÃO SIMPLES

Recuperar líquidos através de refrigeração simples consiste no resfriamento do gás natural a fim de promover a condensação do propano e mais pesados. O processo é aplicável quando a finalidade é recuperar componentes a partir do propano (LGN) e não se deseja recuperações muito elevadas ou

deseja-se apenas acertar o “dew-point” do gás para o transporte em gasodutos. O fluido refrigerante é geralmente propano puro.

EXPANSÃO JOULE-THOMSON

Este processo é realizado quando se deseja recuperar propano e hidrocarbonetos mais pesados. Devido à expansão isentálpica do gás pela válvula ocorre esta recuperação. Sua aplicação mais abrangente é o condicionamento do gás natural.



Figura 2 – Representação de uma válvula de expansão.

ABSORÇÃO REFRIGERADA

A absorção refrigerada envolve a utilização de um óleo de absorção para retirada das frações pesadas do gás natural. O contato ocorre em contra corrente em uma torre absorvedora onde o óleo é entra ao topo e o gás ao fundo. O absorvedor geralmente é um hidrocarboneto líquido, ou mistura de hidrocarbonetos, com massa molar na faixa de 100 a 180, dependendo da temperatura de absorção. A refrigeração é em geral obtida por meio de um fluido auxiliar o propano.

Há o óleo rico e o óleo pobre, o primeiro está saturado de hidrocarbonetos, o segundo isento. Os hidrocarbonetos absorvidos pelo óleo são liberados pela ação do calor em um processo de destilação, o óleo pobre retorna a torre absorvedora e os hidrocarbonetos são separados de modo a fornecer os produtos desejados.

TURBO-EXPANSÃO

O processo é mais eficiente por obter temperaturas mais baixas que os demais e é geralmente escolhido quando se deseja recuperar etano juntamente com os componentes mais pesados (GLP) ou etano líquido. É indicado para gás a alta pressão mas também pode ser viável para pressões moderadas e até mesmo baixas.

O processo de turbo-expansão é mais eficiente devido a dois aspectos: Joule-Thomson e liberação de energia na forma de trabalho de compressão que leva a maior condensação de hidrocarbonetos. Pode ocorrer de ser empregada uma refrigeração adicional geralmente com propano, e também compressão do gás de entrada.

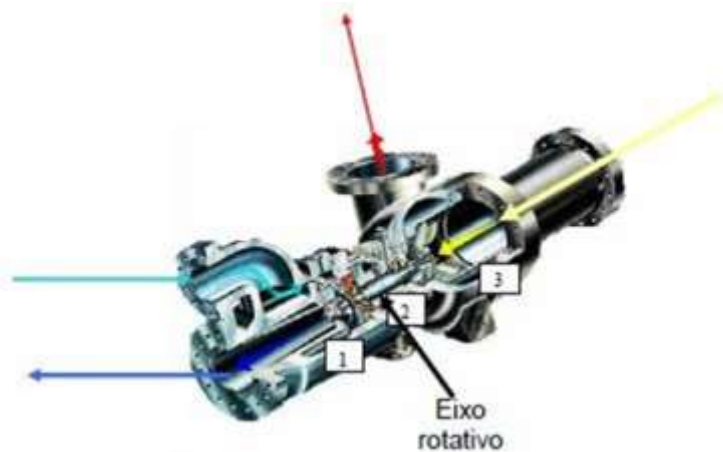


Figura 2 – Representação de turbo-expansor

O equipamento Turbo-Expansor mostrado na Figura 3 anterior, é composto por 3 partes principais: turbina de expansão (1), eixo rotativo (2) e compressor rotativo (3).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os seguintes tópicos são importantes na escolha do processo:

- Recuperações obtidas;
- Quantidade, tipo, origem (nacional ou importado);
- Custo de equipamentos e instrumentação;
- Custos operacionais;
- Consumo de utilidades.

Como pode-se analisar do descrito dos processos, recuperações mais refinadas são obtidas dos processos absorção refrigerada e turbo-expansão. Turbo-expansão tem ainda a finalidade de recuperação de etano líquido, que depende da composição do gás natural, para a correta escolha de qualquer uma das tecnologias o importante é a composição do gás de entrada no processo.

4. CONCLUSÃO

Com base no que foi dito, cada tecnologia é aplicável a diferentes composições de hidrocarbonetos como o objetivo de separação. Cada uma tem uma forma de condensação das frações mais pesadas e desprender o gás natural, seja por meio de um processo isoentálpico(JT), isoentrópico(TE), uma absorção refrigerada ou uma simples refrigeração. Este trabalho é uma breve comparação, para completa análise é necessário uma simulação completa a partir de um “gás natural bruto” de entrada.

4. AGRADECIMENTOS

À Chemtech Serviços de Engenharia e Software – A Siemens Business por ter financiado minha viagem ao PSE 2009 na Bahia (Br).

REFERÊNCIAS

Filho, Daniel Henrique Máximo, Introdução ao Processamento e Tratamento do Gás Natural, 2005, Petrobras.

Quintella, Carlos Otavio de Vasconcellos, Diretor, Gás Natural, Cadernos FGV Energia, Novembro de 2014, Ano 1, N° 2, ISSN 2358-5277.

ISTOÉ. Petrobras assina contrato para construção de UPGN em Itaboraí por R\$ 1,95 bilhão. Disponível em: <https://istoe.com.br/petrobras-assina-contrato-para-construcao-de-upgn-em-itaborai-por-r-195-bilhao/> Acesso em: 29 de março de 2018.

Capítulo 9



10.37423/220405757

REAPROVEITAMENTO DE CORPOS DE PROVA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Kátia Maria Souza

UniBrasília de Goiás

Divino de Souza Pereira

UniBrasília de Goiás



INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

Os resíduos sólidos gerados pela construção civil podem ser detritos, provenientes do desperdício de reformas, de construções ou de demolições, e entre eles está o concreto. O Concreto de Cimento Portland, conforme NBR 12655 (ABNT, 2015) é um material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdo, graúdo e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, pigmentos, metacaulim, sílica ativa e outros materiais pozolânicos), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento de pasta de cimento (cimento e água), onde sozinho resiste bem à compressão, porém pouco resistente à tração. Para atender a todas as exigências, o concreto passa por rigorosos estudos e ensaios realizados em laboratórios, gerando resíduos, que podem ser os corpos de prova, os quais são moldes cilíndricos utilizados em ensaios de resistência, permitindo a avaliação do material.

De acordo com a Resolução nº 307 do Conama (Brasil, 2012) o descarte dos resíduos da construção é de responsabilidade do gerador, representando aproximadamente 50% da massa sólida de material urbano (KARPINSK, 2009), além disso, a má gestão pode gerar impactos negativos em questões sociais, econômicas e ambientais, podendo resultar no assoreamento de rios, interrupção de vias e até mesmo proliferação de doenças, prejudicando assim a qualidade de vida da população. Estes impactos são gerados pela quantidade expressiva, impondo assim a necessidade de soluções rápidas e eficazes.

Partindo desse ponto, faz-se necessário encontrar soluções para destinação dos corpos de prova, podendo-se afirmar que a possibilidade de reutilizar este material após trituração, levando-os a granulometria compatíveis para sua utilização como agregados, possibilitando que sejam novamente utilizados como matéria prima para um novo concreto.

Em Goiânia, algumas empresas do ramo da construção descartam juntas em média 1.150 corpos de provas ao dia. Portanto o reaproveitamento desse material reduzirá seu lançamento no aterro sanitário local.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi estudar a reutilização dos corpos de prova, após trituração, como agregados na produção de novas matérias da construção.

MATERIAL E MÉTODOS

Os Corpos de Provas (CPs) utilizados nos ensaios, foram coletados, separados e triturados, sendo submetidos a ensaio de granulometria conforme a NBR 7217 (ABNT, 1987). Posteriormente foram realizados os seguintes ensaios para determinação da massa específica do agregado miúdo para

determinar a massa específica aparente por meio do frasco de Chapman pela NBR 9776 (ABNT, 1987), da massa específica do agregado graúdo conforme a NBR NM 52 (ABNT, 2002), da massa unitária é definido pela NBR 7251 (ABNT, 1982), e o de umidade. Foram preparados 10 corpos de prova, cilíndricos, utilizando diferentes traços variando a quantidade de agregado miúdo e graúdo e também do cimento, utilizando para isso o material reciclado a partir dos corpos de prova triturados e também material natural (referência). A escolha do traço referência foi baseada na possibilidade de substituição dos agregados usuais pelos agregados reciclados, a partir disto escolheu-se um traço médio. Os corpos de provas foram submetidos a ensaios de compressão, em intervalos de tempo conforme recomenda a norma, sendo: 1, 3, 7, 14, 21 e 28 dias, não sendo necessário aos 56.

Foi realizado slump test, que tem a finalidade determinar a consistência do concreto.

RESULTADOS/DISCUSSÃO

O traço médio escolhido como referência utiliza cimento, britas, areias, água e aditivo, ao qual é calculada a partir do método de ABRAMS .

Nas Figuras 1a e 1b pode ser observado, respectivamente, o material graúdo e agregado miúdo segregados em diferentes granulometrias.

Figura 1 – Agregados graúdos (a) e miúdos (b) em diferentes granulometrias.



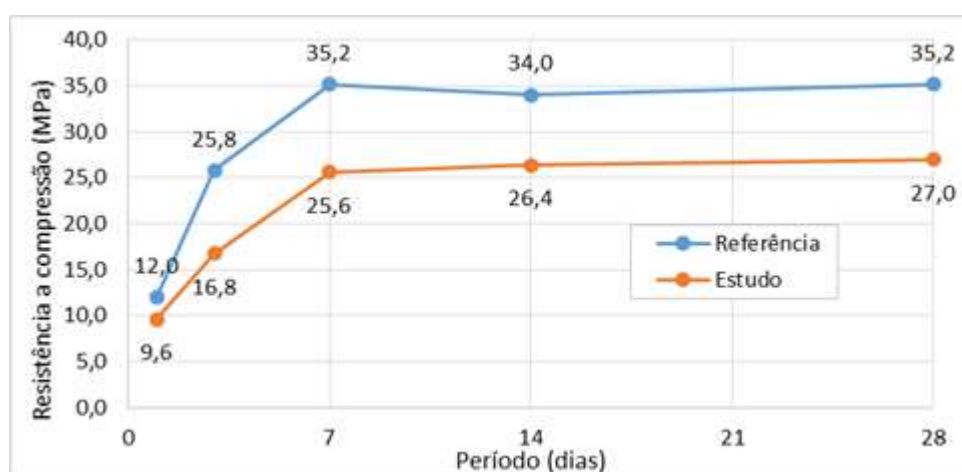
Em seguida, efetuou-se o traço referência para acompanhamento e comparação dos resultados dos ensaios de resistência a compressão. Utilizando-se: 7 Kg de cimento CP II F-32; 10,75 Kg de areia natural Tijolão; 10,75 Kg de areia artificial Intercement; 7,45 Kg de brita 0 Ciplan; 17,40 Kg de brita 1 Ciplan; 5 Kg de água; 52,50 ML de aditivo poli funcional Mira set 33.

A partir dos agregados executou-se um novo traço: 7 Kg de cimento CP II F-32; 10,75 Kg de areia natural Tijolão; 10,75 Kg de areia artificial Reciclada; 24,85 Kg de brita 1 Reciclada; 5 Kg de água; 52,50 ML de aditivo poli funcional Mira set 33.

Obteve-se um concreto com boa aparência, tornando-se suficientemente argamassado, com boa plasticidade e bem trabalhável dentro das exigências do traço em questão. O “slump”, adquiriu com a mesma quantidade de água foi de 8 cm e permaneceu dentro do slump de projeto 10 ± 2 cm, assim satisfazendo as características necessárias.

Os resultados dos ensaios de resistência a compressão estão apresentados na Figura 2, onde observa-se uma menor resistência do corpo de prova produzido com material reciclado quando comparado ao corpo de prova referência. A redução da resistência variou de 20% a 34,5%, sendo de 23,3% aos 28 dias.

Figura 2 – Resultado do ensaio de resistência a compressão ao longo dos dias para os corpos de prova referência e de estudo.



Observou-se que os resultados dos ensaios de resistência à compressão no traço referência foram maiores do que no estudado. Constatou-se também que o traço de estudo não atingiu a resistência característica esperada no projeto, porém o mesmo se manteve bem próximo.

CONCLUSÃO

Mediante os resultados, constatou-se quanto, à granulometria, que é necessário aproximar a granulometria dos agregados graúdos reciclados à granulometria dos agregados graúdos usuais. Após os ensaios de granulometria constatou-se a necessidade a inserção de agregados miúdos naturais para tornar o traço mais uniforme e com agregados regulares proporcionando qualidade quanto a permeabilidade e proteção.

Foi observado que o concreto produzido com agregados oriundos do reaproveitamento de corpos de provas apresentou menor resistência que os de referência. No entanto, podem ser utilizados em

pequenas obras com finalidades não estruturais como, por exemplo, em calçadas, muros, fins estéticos, conforme as necessidades do calculista e projetista.

Desta forma, ao analisar todos os ensaios realizados conclui-se que os resultados obtidos trazem a viabilidade de substituição parcial dos agregados naturais pelos agregados artificiais.

Palavras-chave: Agregado Graúdo. Agregado Miúdo. Impacto Ambiental. Corpo de Prova.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASIELIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland–Preparo, controle, recebimento e aceitação-Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217: Agregados Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9776: Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52 - Agregado miúdo Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7251 - Agregado em estado solto - Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.

KARPINSK, L. A. Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental, Porto Alegre, 2009. Disponível em [HTTP://www.pucrs.br/orgaos/edipucrs](http://www.pucrs.br/orgaos/edipucrs). Acesso: 13 de dezembro de 2016.

Capítulo 10



10.37423/220405760

ESTUDO DE SISTEMAS PRIMÁRIOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS EM REGIÕES DE BAIXA DENSIDADE DEMOGRÁFICA

Kátia Maria Souza

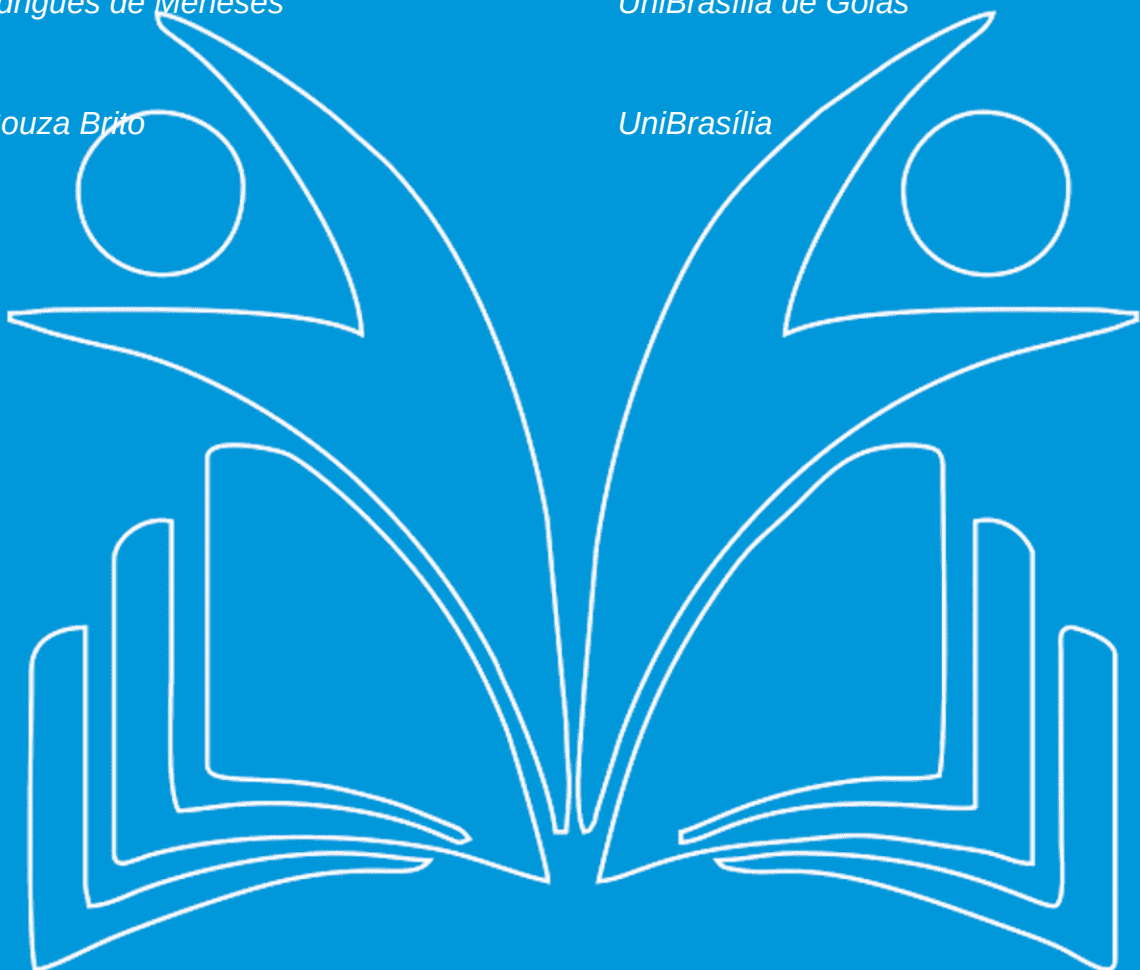
UniBrasília de Goiás

Alencar Rodrigues de Meneses

UniBrasília de Goiás

Gisley de Souza Brito

UniBrasília



Resumo: No Brasil, 99,4% da população têm acesso aos sistemas de abastecimento de água por rede de distribuição. Porém, pouco mais da metade dos esgotos produzidos é coletada e menos de 43% desses possuem a correta destinação final. Com base nesse déficit de tratamento de esgoto, tomou-se para estudo, de forma aleatória, uma cidade no interior de Goiás – Firminópolis –, para realizar análises exploratórias em amostras de águas provenientes de determinadas partes do referido município. A finalidade é averiguar se há indícios de contaminações no lençol freático, proveniente da má disposição final de efluentes de esgotos, e propor alternativas viáveis tecnicamente na região, para minimizar os possíveis impactos decorrentes da ineficiência do sistema primário de tratamento de esgotos da localidade.

Palavras-chave: Efluentes de Esgotos Sanitários; Firminópolis; Fossas Negras.

1. INTRODUÇÃO

Os esgotos, quer sejam eles domésticos, pluviais (TUCCI, 2005) ou industriais, gerados em um município, devem ser tratados antes de retornarem aos corpos hídricos, para que não venham a causar impactos negativos aos mesmos (ARCHELA, 2003). Os impactos causados à população, devido à infraestrutura sanitária precária, são alarmantes, dentre estes a proliferação de doenças de veiculação hídricas como dengue (DA SILVA, 2003), malária e diversos tipos de verminoses acarretadas pelo não tratamento dos efluentes, de modo a causar sérios problemas para a população (TOYAMA et al., 2016). No município de Firminópolis não existe sistema de coleta/tratamento do esgoto doméstico; nesse contexto, algumas residências despejam seus esgotos produzidos diretamente nas denominadas fossas negras, que podem ser compreendidas como uma escavação em forma de buracos, onde os dejetos caem diretamente no terreno, infiltrando-se, portanto, no solo, já que uma parte é decomposta no fundo da superfície. Consequentemente, este tipo de fossa contamina o solo, o lençol freático e pode causar doenças.

Vale ressaltar que o objetivo deste trabalho consiste em realizar um estudo sobre o sistema de esgotamento sanitário do município elencado, a partir da análise da água consumida pela população, com uma decorrente avaliação da classe de contaminação das águas do lençol freático. Assim, foram analisados três (3) pontos, de modo que a coleta foi feita em amostras de águas de cisterna, em nascente localizada na parte baixa da cidade e também na rede de distribuição de água potável, coletada um ponto de abastecimento de determinada residência. Houve, em dado momento, a análise dos laudos laboratoriais das amostras coletadas para identificar se foram encontrados indícios de contaminação do lençol freático. A finalidade agora é propor um sistema viável de tratamento do esgoto doméstico, compatível com a realidade local, após ser confirmada a contaminação do lençol freático, para minimizar os impactos decorrentes.

Atualmente, a cidade conta com o fornecimento de água tratada pela Companhia Saneamento de Goiás S/A – Saneago -, porém alguns habitantes não acreditam na qualidade da água fornecida, já que parte da população opta pela utilização de cisternas e poços artesianos. O fato de algumas pessoas optarem pelo sistema de abastecimento, através de cisterna e poços, gera preocupações quanto à questão da saúde, visto que a qualidade dessa água depende muito de questões inerentes ao saneamento nas proximidades. (CISAM, 2006)

2. REVISÃO DA LITERATURA

SITUAÇÃO DO SANEAMENTO NO PAÍS

Segundo a Agência Nacional da Águas (ANA, 2017), dos 5.570 municípios brasileiros, apenas 43% possui esgotamento sanitário por rede coletora; destes, 12% utilizam o sistema de esgotamento por fossas sépticas e sumidouros, ou seja, aproximadamente 55% dos municípios possuem algum tratamento adequado; 18% utilizam coleta, mas não tratam o esgoto e, quanto ao restante - 27% dos municípios – estes não coletam o esgoto e não fazem o tratamento, o que leva seus habitantes a vislumbrarem uma situação precária de sobrevivência nesse quesito.

Conforme dados divulgados pelo Instituto Trata Brasil (2019), só no ano de 2017 foram registrados 2.340 óbitos decorrentes de doenças ocasionadas por veiculação hídrica. Um dos principais problemas é a ausência desses serviços adequados de esgotamento sanitário, o que contribui para o desenvolvimento de doenças causadas pela falta de tratamento de água e esgoto a céu aberto. Além da leptospirose, entre as doenças frequentemente associadas à falta de saneamento básico, a diarreia costuma ser uma das mais citadas. Apesar do grande crescimento da cobertura dos serviços de água e esgoto no país, ainda existe uma grande parte da população que não é atendida, principalmente as de baixa renda, cujos habitantes vivem nas periferias das grandes cidades, nos municípios menores e em áreas rurais.

Serviços	Domicílio	Ano					
		1960	1970	1980	1990	2000	2010
Abastecimento de Água %	Urbanos	41,8	60,5	79,2	86,3	89,8	91
Esgotamento Sanitário %	Urbanos	26,0	22,2	37,0	47,9	56	58,9

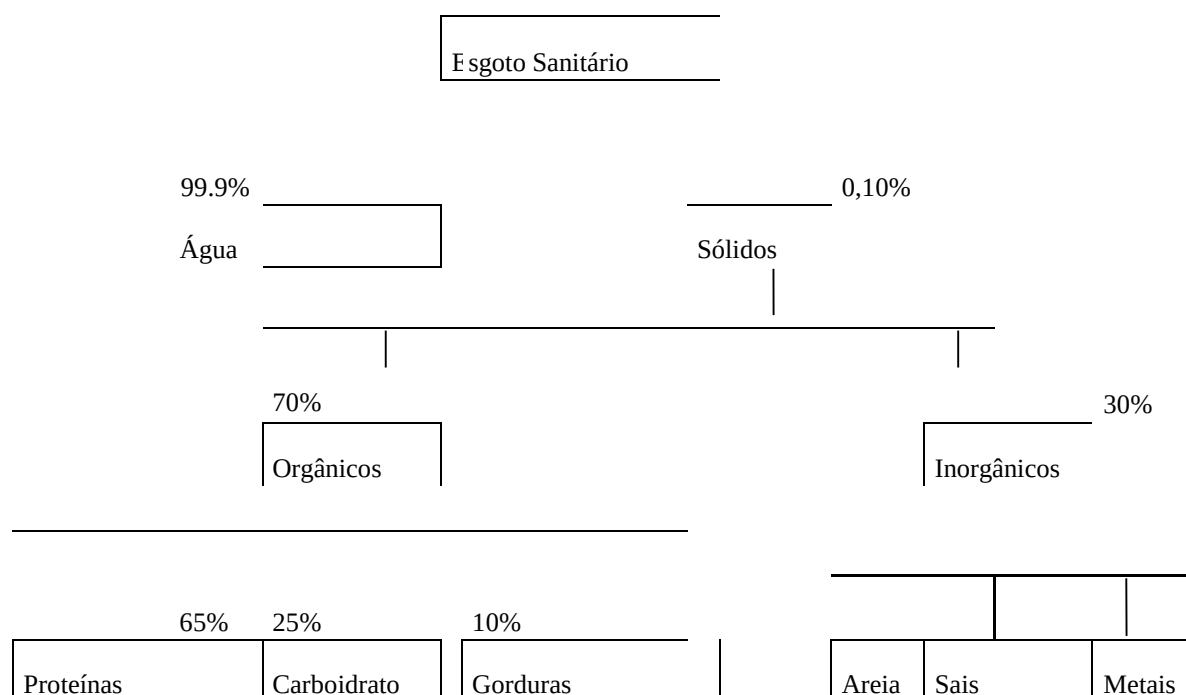
Tabela 1 - Evolução da cobertura dos serviços de abastecimento

Fonte: IBGE, Censos Demográficos 1960 a 2010.

COMPOSIÇÃO DO ESGOTO SANITÁRIO

NUVOLARI (2013) caracteriza o esgoto como fresco e de cor cinza, turvo e com odor desagradável. Em sua composição contém muitos sólidos flutuantes: grandes (fezes, plásticos, pedaços de pano, pedaços de madeira), pequenos (papéis, grãos etc.) e microscópicos (coloidal). Em climas quentes, o esgoto perde rapidamente o oxigênio dissolvido, tornando-se séptico. Este tem um odor mais forte, devido à presença de gás sulfídrico.

De forma sucinta, acerca dos esgotos NUVOLARI (2013) explana que suas características físicas correspondem à matéria sólida, à temperatura, ao odor, à cor e à turbidez, enquanto que às químicas são: pH, DBO, DQO, Nitrogênio e Fósforo. Já as principais características biológicas dos esgotos são as bactérias, os fungos, os protozoários, os vírus, as algas e grupos de plantas e de animais. O organismo mais utilizado como indicador de poluição é do grupo das bactérias coliformes. Para o autor em tela, somente 0,1% do esgoto é constituído de sólidos. O restante (99,9%) é composto de água, conforme consta do Fluxograma 1, a seguir.



Fluxograma 1 - Composição do esgoto sanitário

Fonte: Adaptado de NUVOLARI, 2013.

SISTEMAS INDIVIDUAIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Para o controle e o tratamento dos efluentes gerados, a FUNASA (1994) recomenda fossa séptica, seguida de dispositivo de infiltração no solo (sumidouro ou vala de infiltração). Esses sistemas possuem um funcionamento regular e econômico se forem destinados a habitações de grandes lotes, com elevada porcentagem de área livre e se o solo apresentar agradáveis condições de infiltração. Há, ainda, a variável quanto ao nível de água subterrânea. Se este puder ser encontrado a uma profundidade adequada será extremamente positivo, pois não haverá o risco de propagação por microrganismos transmissores de doenças.

Segundo o Manual de Saneamento, a fossa negra consta de um buraco que apresenta seu fundo sob ou a menos de 1,5 metros do lençol freático. O seu emprego deve ser evitado, tendo em vista a provável contaminação das águas subterrâneas, bem como possíveis problemas de exalação de maus odores e desenvolvimento de mosquitos. (FUNASA, 2006).

TANQUE SÉPTICO E CAPACIDADE DE PERCOLAÇÃO DO SOLO

Como as valas de infiltração ocupam uma superfície do terreno, poderão ocorrer diferentes tipos de solo e graus de compactação, o que torna necessário determinar a capacidade de percolação dos efluentes neste local para definição do seu potencial de infiltração. A estimativa deste valor deve ser feita de acordo com a NBR 13.969 (ABNT, 1997), que recomenda o ensaio da cava de seção cilíndrica de 0,15 m de diâmetro e profundidade de acordo com o previsto para a execução da vala de infiltração, em pelo menos três locais distintos do terreno. Para o projeto de tanque séptico, são reconhecidos e levados em conta alguns critérios quanto ao seu dimensionamento, em que a determinação do volume do tanque séptico de uma câmara é dada pela equação:

$$V = 1000 + N (C. T + K.Lf) \text{ Eq(1)}$$

Onde,

V = Volume útil, em litros.

N = Número de pessoas ou unidades de contribuição.

C = Contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (Tabela 1). T = Período de detenção, em dias(Tabela 2).

K = Taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (Tabela 3)

Lf = Contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia (Tabela 2)

SISTEMA DE INFILTRAÇÃO (SUMIDOURO)

Diferente do tanque séptico, que tem a função de reter o sólido gerado pelo esgoto, o sumidouro tem a função de armazenar os efluentes produzidos pelo esgoto. Assim, ao considerar a taxa de percolação do solo em estudo, o efluente terá sua destinação correta, o que evitará a ocorrência de contaminações no lençol freático. Esse sistema é mais comum com tanque séptico; levando-se em consideração que o nível aquífero esteja muito profundo, a opção seria o sumidouro, pois esse sistema necessita de

pouca área do terreno para a implantação. Aliás, a NBR 13.969 (1997) determina que o diâmetro mínimo interno deve ser de 0,30 m e o fundo do sumidouro, com o nível do aquífero, seja de 1,5 m, como mostra a Figura1, abaixo.



Figura 1 – Representação do sistema fossa séptica seguido de sumidouro

Fonte: Adaptado de NBR 13.969 (1997).

SISTEMA DE INFILTRAÇÃO (VALA DE INFILTRAÇÃO)

A vala de infiltração é um método de disposição de efluentes dos sistemas de tratamento de esgotos, que consiste na sua percolação no solo, onde ocorre a depuração por processos físicos (retenção de sólidos), químicos (adsorção) e bioquímicos (oxidação). Ela é constituída, basicamente, de condutos não estanques (usualmente tubos perfurados), envolvidos com pedras britadas e alinhados no interior de valas recobertas com solo da própria localidade de instalação, tendo na sua extensão uma baixa declividade. O conduto distribui o efluente ao longo da vala, propiciando sua infiltração. (JORDÃO e PESSÔA, 2015)

De acordo com a NBR 13.969 (ABNT, 1997), que versa sobre Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação, o emprego das valas é determinado pela permeabilidade do solo, que define a área necessária para infiltrar o volume de efluente desejado. Nesse sentido, a manutenção da condição aeróbia e a alternância de uso são importantes para que a vala de infiltração não entupa.

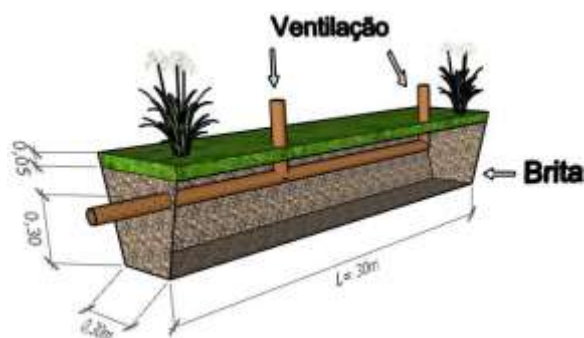


Figura 2 – Esquema de uma vala de infiltraçãoFonte: Adaptado da NBR 13969 (1997).

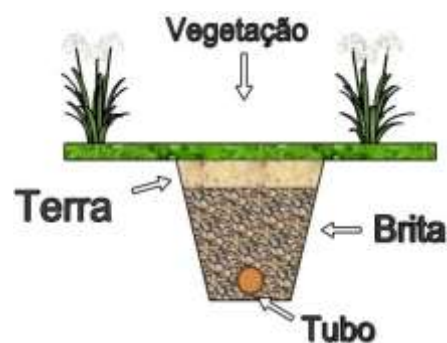


Figura 3 – Esquema transversal da vala de infiltraçãoFonte: Adaptado da NBR 13969 (1997).

3. ESTUDO DE CASO

IDENTIFICAÇÃO E PONTOS DAS COLETA

A escolha dos pontos de coleta se deu após entrevista espontânea com moradores da região próxima à nascente d'água. Dentre os inúmeros entrevistados, foram descartados os que não consumiam água de cisterna. Como mostra a Figura 4, com o auxílio do Google Maps foi demarcada a região próxima à nascente; no entanto, devido à pandemia do COVID-19 enfrentada pelo mundo, houve restrição e a pesquisa foi aplicada apenas em 19 residências, em um raio de aproximadamente 80 metros da nascente. O questionário consta em anexo.



Figura 4 – Localização da nascente

Fonte: Google Maps, 2020.

Cabe destacar que foram analisadas variáveis qualitativas, entre elas a situação financeira da maioria das famílias que optaram pelo sistema de saneamento como uma escolha mais barata. Atrelado a esse

fato, percebe-se que houve uma conscientização das famílias quanto à aquisição desse sistema, tido como uma forma mais correta e benéfica para todos. A fim de pesquisar mais a fundo sobre o assunto, verificou-se que foram muitos os problemas técnicos enfrentados na implantação dos sistemas, sobretudo no tocante às dificuldades em se aumentar a cobertura dos serviços prestados. Portanto, os gestores enfrentaram as maiores dificuldades, haja vista que procuraram atender a norma de qualidade de todo o saneamento, conforme explicitam as informações buscadas na Secretaria de Meio Ambiente (SEMMA). Por contato, *via direct*, a funcionária C.D. relatou a problemática da seguinte forma: “nós temos apenas a estrutura do plano municipal de saneamento, nada de dados estatísticos ou pesquisa, e nenhum dos setores tem esgoto funcionando; todas as residências são fossas sépticas ou negras”.



Figura 5 – Pontos nos quais foram coletadas as amostras para análise

Fonte: Google Maps, 2020.

Ponto	Georreferenciamento	
1. ^a	Longitude	574641.00 m E
	Latitude	8167072.00 m S
2. ^a	Longitude	574590.00 m E
	Latitude	8167090.00 m S
3. ^a	Longitude	574611.00 m E
	Latitude	8167042.00 m S

Tabela 1 – Localidades distintas para coleta e melhor análise de qualidade da água local

Fonte: Própria, 2020.

ANÁLISE DAS AMOSTRAS

As amostras foram coletadas seguindo a NBR 9.898 (ABNT, 1987) – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. A empresa contratada foi a Aqualit Tecnologia em Saneamento, de Goiânia-GO.

Todo o material para as amostras foi retirado na empresa, dentro de uma caixa térmica; os frascos foram esterilizados com álcool (70%), usando todas as precauções, entre elas máscaras e luvas, tomando todo cuidado para não contaminar as amostras, pelo fato de as mesmas conterem análise microbiológica. Após a coleta, as amostras foram entregues no laboratório, dentro de um período inferior a 24 horas.



Figuras 6 e 7 – Coleta das amostras de água das nascentes

Fonte: Própria, 2020.

VALAS DE INFILTRAÇÃO

Este ensaio de capacidade de percolação para o dimensionamento de uma vala de infiltração foi realizado em terreno aleatório, com vistas a obter o coeficiente de percolação, conforme a NBR 13.969/97 (ABNT).

Ensaio para estimar a capacidade de percolação do solo (K)

I. Instrumentos necessários para realizar o ensaio:

- Relógio;
- Cronômetro;
- Trado com diâmetro de 150 mm;
- Dispositivo para medição do nível d'água na cava;

- Água em abundância.

II. Procedimentos seguidos:

Foram perfuradas três cavas cilíndricas com diâmetro de 0,15m, espaçadas a 5m entre si, com profundidade de 0,30 m, 0,60 m e 1,00 m. Em seguida, foram cobertas com 0,05 m de brita. Dando prosseguimento, foram preenchidas com 0,30 m de água, porém, a água das três cavas infiltrou em menos de dez minutos. Conforme preceitua a norma, caso isso ocorra, deve-se iniciar o ensaio imediatamente.

Iniciando o ensaio, foram novamente enchidas as cavas com 0,15 m de água; de acordo com a norma, deve-se aguardar 30 minutos para averiguar o rebaixo do nível de água, porém em todos os casos a água tornou a infiltrar totalmente em menos de 30 minutos. Sendo assim, foi necessário refazer o ensaio até obter uma diferença de nível d'água de 0,015 m entre uma determinação e outra, no tempo de 30 minutos. Este procedimento deve ser feito em pelo menos três medições.

III. Dados colhidos no ensaio:

ENSAIO DA CAPACIDADE DE PERCOLAÇÃO DO SOLO NBR – 13.969/97 (ABNT)					DATA: 12/09/2020	
Tarefas	Cava 1		Cava 2		Cava 3	
Escavação (com trado com D=0,15m)	ok		ok		ok	
Preenchimento com 0.05m de brita	ok		ok		ok	
Enchimento com água com a profundidade de 0,30m do fundo	ok		ok		ok	
Se toda água colocada inicialmente infiltrar em menos de 10 min, iniciar imediatamente						
Se toda água colocada inicialmente infiltrar em menos de 10 min, iniciar imediatamente	47 min.		24 min		17 min	
Enchimento com água com a profundidade de 0,15m acima da brita	ok		ok		ok	
Tempo de rebaixo de 30 min	Tempo (min)	Rebaixo (cm)	Tempo (min)	Rebaixo (cm)	Tempo (min)	Rebaixo (cm)
Tempo 1	10	1,5	10	4	10	5
Tempo 2	10	1,3	10	4	10	4,5
Tempo 3	10	1,5	10	3,5	10	5

Tabela 2 – Ensaio da capacidade de percolação do solo NBR – 13.969/9 (ABNT)

Fonte: Própria, 2020.

Com os dados do ensaio, foi calculada a taxa de percolação para cada cava, a partir dos valores apurados, dividindo-se o intervalo de tempo entre as determinações pelo rebaixamento lido na última determinação.



Figuras 8 e 9 – Equipamentos utilizados no Experimento e uma medição na cava

Fonte: Própria, 2020.

- Cava 1 = 2000 min./m
- Cava 2 = 857,14 min./m
- Cava 3 = 600 min./m

Média aritmética dos resultados nas cavas $M = (2000 + 857,14 + 600) / 3$

taxa de percolação $K = 1152,38 \text{ min./m}$.

Os cálculos foram realizados de acordo com a norma NBR 7229 (ABNT,1993) e NBR 13 969 (ABNT,1997).

Fórmula na equação 1:

$$\text{Eq (1)} \quad V = 1000 + N (C \times T + K \times L_f)$$

O volume útil de esgoto gerado em apenas um dia equação 2. $\text{Eq(2)} \quad V_u = N \times C$

A NBR 13 969 (ABNT,1997) recomenda que o volume para dimensionamento da vala de infiltração seja a mesma adotada para o tanque séptico.

- O diâmetro dos tubos e de 100mm com furos nas laterais com diâmetro de 1cm.
- A declividade quase zero 0,03m/m
- A distância entre valas de no mínimo 2 metros

- o canteiro deve conter plantas de raízes não profundas, de modo que não venha prejudicar o canteiro e permitir a evapotranspiração para ajudar a dissipar uma parte do efluente.

Cálculos :

Tubo de diâmetro de 100mm convertido para cm, para facilidade dos cálculos: Fórmula da área da base de um círculo equação 3.

$$\text{Eq (3) } A_b = \pi \times r^2.$$

Fórmula da área lateral do círculo equação. Eq (4) $A_l = 2 \times \pi \times r \times h$.

Fórmula da área Total da lateral de um círculo equação 5. Eq (5) $A_t = 2 \times A_b + A_l$

O próximo passo foi utilizar a taxa de percolação (K), em que chegamos a uma média ponderada de 1.152,38 min/dia; a Tabela A.1 da Norma NBR 13.969 (ABNT, 1997) cita que para valores acima de 600 até 1.200 da taxa de percolação, deve-se adotar um valor de 0,037 m³/m²x dia para o cálculo da área necessária. Para o cálculo da área utilizaremos a equação 6 Eq(6) $A_n = V/k$

Para finalizar, o dimensionamento retorna na equação 5.

$$A_n = A_t$$

$$448600 = 157,06 + 31,41 \times$$

$$h \quad 31,41 \times h = 448\,600 - 157,06$$

$$h = 448\,442,94 / 31,41$$

$h = 14\,277,07$ cm transformação para metro, $h = 142,77$ m, arredondando para 143 metros lineares de canteiro.

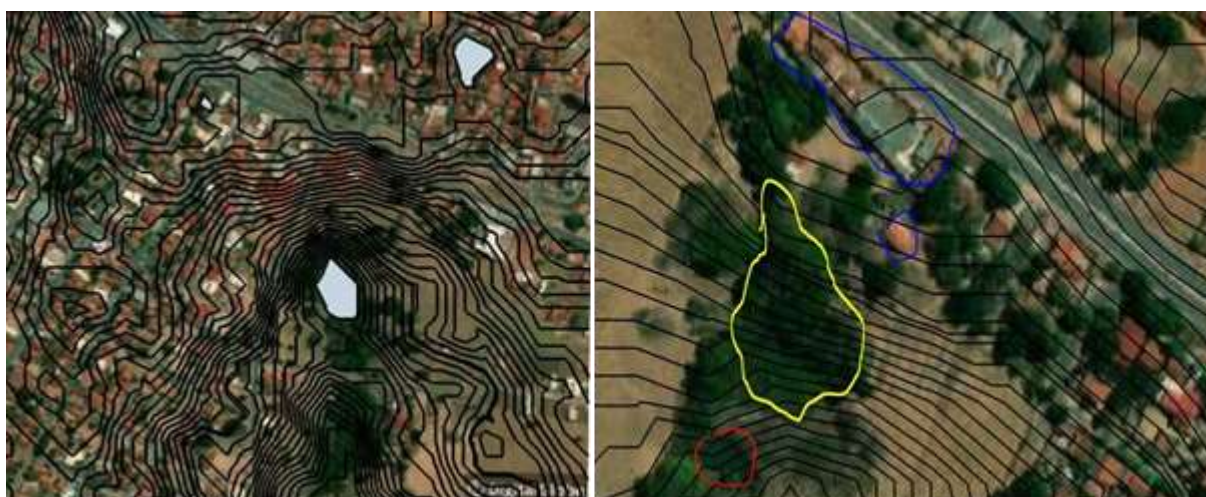
AVERIGUAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO

Firminópolis é uma cidade como outras que possuem várias nascentes e o aforamento do aquífero, no perímetro urbano, com um total de 7 nascentes, sendo 4 delas bem próximas de setores com várias residências. Então, com o auxílio do Google Earth e o *software* Sketchup lançamos curvas de nível de 1 metro e averiguamos os desníveis entre a residência mais próxima à nascente. Na figura 12, na sequência, podemos perceber que a diferença entre a curva e região demarcada em amarelo, onde provavelmente é uma região aflorada, em nível para a residência acima é de aproximadamente 2m de nível.



Figuras 10 e 11 - Nascentes no perímetro urbano

Fonte: Google Earth, 2020.



Figuras 12 e 13 – Curvas de nível nas proximidades das nascentes

Fonte: Google Earth / Sketchup, 2020.

DOENÇAS CAUSADAS POR VEICULAÇÃO HÍDRICA

Buscamos informações no sistema de saúde municipal, mas conseguimos apenas dados de Morbidades Hospitalares de residentes CID, os quais apresentam dados de doenças infecciosas e parasitárias entre os anos de 2015 a 2019.

Capítulo CID-10	2015	2016	2017	2018	2019
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	255	335	293	317	308

Tabela 3- Doenças infecciosas e parasitárias

Fonte: Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS)

Importante ressaltar que o quadro trata de Morbidades Hospitalares de Residentes, segundo capítulo da CID-10.

Data da consulta: 30/03/2020.

Obs.: As atualizações dos valores relativos ao último período ocorrem simultaneamente ao carregamento dos dados no Tabnet/DATASUS.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Verificou-se a média de 3,2 pessoas que moram nas residências, do local em estudo, e que apenas 5,3% utilizam água de cisterna. Quando questionados sobre o sistema de esgotamento, constatou-se que 52,6% utilizam fossa e sumidouro, e que 47,3% têm fossa negra. Dos 47,3%, cerca de 33% não possuem condições financeiras para adequar o sistema. E que 55% compraram suas casas já com esse sistema e não pretendem mudar, enquanto que 12% alegaram desconhecimento do sistema.

Segundo o PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico (2019) -, para

“esses municípios de menor porte, com fraco desenvolvimento econômico, com dificuldade de captar recursos e pouca capacidade administrativa, a cooperação, sobretudo por meio de consórcios públicos ou convênios de cooperação, é uma alternativa importante para implementação de programas e desenvolvimento de projetos de saneamento”.

Outra parte, contudo, formada por 42%, diz que é decorrente de uma má administração do poder público, principalmente em municípios pequenos, que não tornam obrigatório o plano diretor municipal. Assim, prefeitos iniciam e terminam os seus mandatos, sem que façam a devida cobrança da vigência de um planejamento municipal contínuo e efetivo, não se atentando para um “plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes”, o que sem dúvida “é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana e obrigatório”, conforme apregoa a Lei 10.257/2001, em seu artigo 182, inciso 1.

Retomando a questão das amostras analisadas, o resultado segue no anexo B, abaixo; os pontos 1 e 2 tiveram como resultado a presença de coliformes totais, bem como a presença da bactéria *Escherichia coli*. A propósito, alguns especialistas citam as infecções causadas por coliformes como complexas e envolvem múltiplos modos de transmissão. Alguns gêneros como *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Serratia* vivem na água, no solo e também constituem a flora intestinal do homem, assim como a de outros animais de sangue quente, sendo caracterizados como coliformes totais (KONEMAN et al.,

2001). Uma das causas muito citadas por especialistas consiste na capacidade de fermentar a lactose e produzir gás em 24 horas, em temperatura média entre 44,5– 45,5° C.

Outra presença notada foi a da bactéria *Escherichia coli*, causadora de infecções do trato urinário; o motivo é em parte devido ao agente patogênico bacteriano, a presença de cepas de bactéria. E sabe-se que *coli* no intestino gera lotação em UTIs no mundo, principalmente em mulheres. (ALBUQUERQUE, 2011; MURRAY et al., 2002; DHAKAL; KULESUS; MULVEY, 2008).

Quanto à amostra 3, seus resultados foram compatíveis com os parâmetros que o Ministério da Saúde estabelece na Portaria de Consolidação de número 5.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado obtido a partir da leitura e análise do questionário evidenciou que, apesar do número amostral relativamente baixo, o mesmo pôde ser visto como representativo, como um todo, já que as respostas nos permitiram analisar algumas situações como, por exemplo, a fragilidade financeira de famílias para implantarem um pré-sistema de tratamento de esgoto e a falta de conhecimento das mesmas sobre o que lhes poderia ser mais adequado. Também nos impactou a falta de estrutura tanto de gestão quanto financeira do município, assim como a luta em implantar um plano nacional que vem sendo votado e modificado ao longo dos anos, a partir de parcerias e de fundação de cooperativas para ser possível implantar o sistema.

Conforme apresentado, Firminópolis é uma cidade com o nível do aquífero bem aflorado em vários setores da cidade; desse modo, o presente estudo naquela região próxima da nascente revelou uma taxa de percolação baixa do solo, o que significa que um sistema de sumidouro seria impossível, pois poderia virar uma cisterna. Afinal, a profundidade escavada faria com que as minas enchessem o sumidouro, deixando-o ineficaz. E uma implantação de vala de infiltração seria a melhor opção, embora para isso necessitasse de uma área bastante extensa, uma vez que a taxa de percolação do solo naquela região é baixa.

Outro fator desfavorável diz respeito ao tamanho dos lotes; hoje em dia, possuem em média 200 m²; aí teria que levar em conta o índice de contaminação, não só na água, já que essa contaminação em solo também só aumenta com o passar dos anos, em decorrência de que em vários setores, sobretudo onde se tem nascentes, o crescimento do número de residências vem aumentando gradativamente, o que nos faz pensar em ações que favoreçam a preservação dos recursos hídricos, uma luta infundável para o bem de todos, o que auxiliará em muito a geração futura.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 5 p.
- ___ . ABNT NBR 9898 : Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro ABNT, 1987. 22 p.
- ___ . ABNT NBR 7229: Projeto, Construção e Operação de Sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 15 p.
- ___ . ABNT NBR 7229: . Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 15 p.
- ___ . ABNT NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 74 p.
- ___ .ABNT NBR 13969: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 60 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas 2017. Brasília – DF. 2017.
- ALBUQUERQUE, C. S. Análise do perfil de resistência de cepas de *Escherichia coli* isoladas em urinocultura e dos fatores de risco para infecção do trato urinário por *Escherichia coli*. 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Médica Humana) Faculdade de Ciências Médicas - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2011.
- ANA – AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas esgoto: despoluição de bacias hidrográficas. 2017. Disponível em: <<http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/Atlas_Esgoto/Goi%C3%A1s/Relatorio_Geral/Firmin%C3%B3polis.pdf>. Acesso em 14 de junho de 2020.
- ARCHELA, Edison et al. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. GEOGRAFIA (Londrina), v. 12, n. 1, p. 517-526, 2003.
- BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 10 de julho de 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm> Acesso em: 25 de novembro de 2020.

_____. Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 6 de abr. 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11107.htm> Acesso em: 03 jun. 2020.

_____. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.66 de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 5 jan. 2007. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm> Acesso em: 03 jun. 2020.

_____. Decreto nº 6.017, de 17 de janeiro de 2007. Regulamenta a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 17 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20072010/2007/Decreto/D6017.htm> Acesso em: 03 jun. 2020.

_____. Ministério da Saúde. Portaria nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Disponível em <<https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>> Acesso em: 31 de novembro de 2020.

CISAM/AMVAP – Conselho Intermunicipal de Saneamento Ambiental. Manual de Saneamento Ambiental. Uberlândia/MG, CISAM, 2006.

DHAKAL, B. K.; KULESUS, R. R.; MULVEY, M. A. Mechanisms and consequences of bladder cell invasion by uropathogenic *Escherichia coli*. *European Journal of Clinical Investigation*, v. 38, n. supl. 2, p. 2- 11, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Rio de Janeiro. 2010.

JORDÃO, E. P., PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 720 p.

KONEMAN, E.W.; ALLEN, S.D.; JANDA, W.M.; SCHRECKENBERGER, P.C.; WINN Jr., W.C. Diagnóstico Microbiológico. 5.ed., Rio de Janeiro: MEDSI, 2001. 1465p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Funasa: Manual de Saneamento 2007. Brasília, 2007.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. Plansb: Documento em revisão submetido à apreciação dos conselhos nacionais de saúde, recursos hídricos e meio ambiente. Brasília, 2019.

MURRAY, P. R. et al.. Medical microbiology. 4ª ed. St. Louis: Mosby, 2002.

NUVOLARI, Ariovaldo. Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. Editora Blucher, 2003.

TOYAMA, Daniele; SANTINO, Marcela Bianchessi da Cunha; FUSHITA, Angela Terumi. Qualidade da água e doenças de veiculação hídrica: o caso dos municípios de Barra Bonita e Igaraçu do Tietê–SP. V SIGA Ciência (Simpósio Científico de Gestão Ambiental), v. 1, ISSN 2358-8012, 2016.

TRATA BRASIL. Internações de doenças por veiculação hídrica no Brasil. 2019. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/blog/2019/05/21/internacoes-de-doencas-por-veiculacao-hidrica-no-brasil/>> Acesso em: 08 de jun. 2020.

TRATA BRASIL. A diarreia como problema da falta de saneamento básico. 2017. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/blog/2017/08/29/diarreia-problema-da-falta-de-saneamento/>> Acesso em: 08 de jun. 2020.

TUCCI, Carlos EM. Gestão de águas pluviais urbanas. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.

DA SILVA, Andréia Aparecida et al. Fatores sociais e ambientais que podem ter contribuído para a proliferação da dengue em Umuarama, estado do Paraná. Acta Scientiarum. Health Sciences, v. 25, n. 1, p. 81-85, 2003. <https://nacoesunidas.org>.

ANEXO A

Figura: Resultado da análise na nascente - (Ponto 1)

 **AQUALIT**
TECNOLOGIA EM SANEAMENTO LTDA.

RELATÓRIO DE ENSAIO NÚMERO 32533/2020 - 0 - A

AMOSTRA NÚMERO: 31306/2020

Dados do Cliente

Cliente: ALENCAR RODRIGUES DE MENESES
Município: Firmidópolis-GO
Endereço: Avenida Vitoriano Borges Naves, 1370 —, Centro.

Dados da Amostra

Material: Água de consumo
Ponto de Coleta: Lago - Ponto 1
Temp. amb. no local °C: —
Temp. amostra no local °C: —
Chuvvas: Não
Coletor da Amostra: Interessado
Data de Coleta: 16/11/20 17:51
Data entrada laboratório: 17/11/2020 11:00:00
Data da elaboração do relatório: 30/11/20 12:24
Plano de Amostragem: 3706/2020

Parâmetros	Resultados	Unidade	LQ	PRC N° 5	Método	Data de Análise
Acidez total a carbonatos (HCO ₃ ⁻)	70,0	mg CaCO ₃ /L	1,0	—	SMWW 2320B	19/11/20
Alcalinidade a carbonatos (CO ₃ ²⁻)	< 1,0	mg CaCO ₃ /L	1,0	—	SMWW 2320B	19/11/20
Alcalinidade a hidróxido (OH ⁻)	< 1,0	mg CaCO ₃ /L	1,0	—	SMWW 2320B	19/11/20
Alcalinidade total	70,0	mg CaCO ₃ /L	1,0	—	SMWW 2320B	19/11/20
Cloro residual	< 0,1	mgCl ₂ /L	0,1	entre 0,2 e 5,0 mg/L	SMWW 4500-Cl G	17/11/20
CO ₂ livre	11,1	mg CO ₂ /L	0,1	—	SMWW 4500-CO ₂ C	19/11/20
Cor e odor	0	NA	NA	até 5	Sensória	17/11/20
Retenção amoniacal	< 0,6	mg NH ₃ -N/L	0,6	até 1,6 mg/L	SMWW 4500-NH ₃ F	19/11/20
Cloro residual consumido	< 1,0	mgCl ₂ /L	1,0	—	CETERM 1.5.143	18/11/20
pH	7,1	NA	1 a 13	recomenda-se entre 6,0 e 9,0	SMWW 4500-H+ B	17/11/20

Dados da Amostra

Material: Água de consumo
Ponto de Coleta: Lago - Ponto 1
Temp. amb. no local °C: —
Temp. amostra no local °C: —
Chuvvas: Não
Coletor da Amostra: Interessado
Data de Coleta: 16/11/20 17:51
Data entrada laboratório: 17/11/2020 11:00:00
Data da elaboração do relatório: 30/11/20 12:24
Plano de Amostragem: 3706/2020

Parâmetros	Resultados	Unidade	LQ	PRC N° 5	Método	Data de Análise
Clorofila	13,9	mg Cl-L	0,5	até 250,0 mg/L	SMWW 4500-CL-B	19/11/20
Condutividade	149,8	µS/cm	0,1	—	SMWW 2510B	17/11/20
Cor aparente	19,1	mg Pt-Co/L	2,0	até 15,0 mg Pt-Co/L	SMWW 2120C	17/11/20
Chumbo	60,0	mg Pb/L	1,0	até 500,0 mg/L	SMWW 2340C	19/11/20
Ferro	0,58	mg Fe/L	0,01	até 5,3 mg/L	SMWW 5000-Fe B	20/11/20
Fósforo total	0,24	mgP/L	0,01	—	SMWW 4500-P B e E	24/11/20
Sólidos dissolvidos totais	69,0	mg/L	2,5	até 1000 mg/L	SMWW 2540C	19/11/20
Turbidez	4,8	NTU	0,1	até 5,0 NTU	SMWW 2130B	19/11/20
Coliformes totais	Presente	NMP/100 mL	NA	Ausente	SMWW 9223	17/11/20
Contagem de bactérias heterotróficas	1,3 x 10 ⁶	UFC/mL	1	até 500,0 (UFC/mL)	SMWW 9218B	17/11/20
Escherichia coli	Presente	NMP/100 mL	NA	Ausente	SMWW 9223	17/11/20

OBSERVAÇÕES

1 - Amostra coletada, transportada e enviada pelo interessado;

2 - De acordo com a Portaria de Consolidação Nº 5, de 26 de setembro de 2017, Ministério da Saúde, pode-se afirmar que o(s) parâmetro(s) analisado(s): Cor aparente, Ferro, Contagem de bactérias heterotróficas ultrapassam os limites máximos permitidos. o(s) parâmetro(s) analisado(s): Cloro residual não atingem os limites máximos permitidos. o(s) parâmetro(s) analisado(s): Coliformes totais, Escherichia coli não satisfazem os limites permitidos.

Declaração de Incerteza de Medição
Nos arquivos do Centro de Qualidade constam a incerteza expandida (U), que é baseada na incerteza padrão combinada, com um nível de confiança de 95% (k=2), que será disponibilizada sempre que solicitado pelo cliente.

Método de Referência:
SMWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd;
EPA - US Environmental Protection Agency;
COP - KJ Monomonitoring System Analytical Solutions Inc.

Legenda:
LQ: Limite de quantificação do método;
NA: Não aplica;
NA: Visualmente ausente.

Responsabilidade Técnica: Os ensaios foram realizados sob a responsabilidade técnica do profissional Wanderson Elias Pires, CREA/GO Nº 1290

Revisores:
Waldemar Silva
Ludmila Silveira


Wanderson Elias Pires

GOIÂNIA - GO: 30/11/2020

Chave de Validação: 408113e82c25803601c75705a6e0cd3

PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTES - OS RESULTADOS REFEREM-SE EXCLUSIVAMENTE ÀS AMOSTRAS ANALISADAS

Fonte: Aqualit Tecnologia em Saneamento, 2020.

Figura: Resultado da análise na cisterna - (Ponto 2)

RELATÓRIO DE ENSAIO NÚMERO 32535/2020 - 0 - A						
AMOSTRA NÚMERO: 31307/2020						
Dados do Cliente						
Cliente: ALENCAR RODRIGUES DE MENESES Município: Firmidópolis-GO Endereço: Avenida Vitoriano Borges Naves, 1370 —, Centro.						
Dados da Amostra						
Material: Águas de consumo Ponto de Coleta: Cisterna - Ponto 2		Temp. amb. no local °C: — Temp. amostra no local °C: — Chuvras: Não Coletor da Amostra: Interessado		Data da Coleta: 16/11/20 18:09 Data entrada laboratório: 17/11/2020 11:00:00 Data da elaboração do relatório: 30/11/20 12:25 Plano de Amostragem: 3708/2020		
Parâmetros	Resultados	Unidade	LQ	PRC Nº 5	Método	Data de Análise
Alcalinidade a bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	49,0	mg CaCO ₃ /L	1,0	—	SMWW 2320B	19/11/20
Alcalinidade a carbonato (CO ₃ ²⁻)	< 1,0	mg CaCO ₃ /L	1,0	—	SMWW 2320B	19/11/20
Alcalinidade a hidróxido (OH ⁻)	< 1,0	mg CaCO ₃ /L	1,0	—	SMWW 2320B	19/11/20
Alcalinidade total	49,0	mg CaCO ₃ /L	1,0	—	SMWW 2320B	19/11/20
Cloro residual	> 0,1	mg/L	0,1	entre 0,2 e 5,0 mg/L	SMWW 4500-Cl G	17/11/20
CO ₂ livre	39,0	mg CO ₂ /L	0,1	—	SMWW 4500-CO ₂ C	19/11/20
Gosto e odor	0	NA	NA	até 5	Sensorial	17/11/20
Nitrogênio amoniacal	< 0,6	mg NH ₃ -N/L	0,6	até 1,5 mg/L	SMWW 4500-NH ₃ F	19/11/20
Oxigênio consumido	< 1,0	mg O ₂ /L	1,0	—	CETESB LS 143	19/11/20
pH	6,4	NA	1 a 13	recomenda-se entre 6,0 e 9,5	SMWW 4500-H+ I)	17/11/20

Dados da Amostra						
Material: Águas de consumo Ponto de Coleta: Cisterna - Ponto 2		Temp. amb. no local °C: — Temp. amostra no local °C: — Chuvras: Não Coletor da Amostra: Interessado		Data da Coleta: 16/11/20 18:09 Data entrada laboratório: 17/11/2020 11:00:00 Data da elaboração do relatório: 30/11/20 12:25 Plano de Amostragem: 3708/2020		
Parâmetros	Resultados	Unidade	LQ	PRC Nº 5	Método	Data de Análise
Cloritos	17,5	mg Cl ⁻ /L	0,5	até 250,0 mg/L	SMWW 4500-Cl- B)	19/11/20
Condutividade	184,1	µS/cm	0,1	—	SMWW 2510B	17/11/20
Cor aparente	6,0	mg Pt-Co/L	2,0	até 15,0 mg Pt-Co/L	SMWW 2120C	17/11/20
Dureza	65,0	mg CaCO ₃ /L	1,0	até 500,0 mg/L	SMWW 2340C	19/11/20
Ferro	0,18	mg Fe/L	0,01	até 0,3 mg/L	SMWW 3500-Fe B	20/11/20
Fósforo total	0,09	mg P/L	0,01	—	SMWW 4500-P B e E	24/11/20
Sólidos dissolvidos totais	91,0	mg/L	2,5	até 1000 mg/L	SMWW 2540C	18/11/20
Turbidez	1,5	NTU	0,1	até 5,0 NTU	SMWW 2130B	18/11/20
Coliformes totais	Presente	NMP/100 mL	NA	Ausente	SMWW 9221	17/11/20
Contagem de bactérias heterotróficas	> 6,5 x 10 ³	UFC/mL	1	até 500,0 UFC/mL	SMWW 9219B	17/11/20
Escherichia coli	Presente	NMP/100 mL	NA	Ausente	SMWW 9221	17/11/20

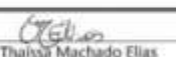
OBSERVAÇÕES	
1 - Amostra coletada, transportada e enviada pelo interessado.	
2 - De acordo com a Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017, Ministério da Saúde, pode-se afirmar que o(s) parâmetro(s) analisado(s): Contagem de bactérias heterotróficas ultrapassam os limites máximos permitidos. o(s) parâmetro(s) analisado(s): Cloro residual não alcançam os limites mínimos permitidos. o(s) parâmetro(s) analisado(s): Coliformes totais, Escherichia coli não satisfazem os limites permitidos.	
Declaração da Incerteza de Medição Nos arquivos da Gerência da Qualidade constam a incerteza expandida (U), que é baseada na incerteza padrão combinada, com um nível de confiança de 95% (k=2), que será disponibilizada sempre que solicitado pelo cliente.	Legenda: LQ: Limite de quantificação do método; NA: Não aplica; VA: Virtualmente ausente.
Método de Referência: SMWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd; EPA - US Environmental Protection Agency; CFP - Kit Microscópio Bacter Analytical Systems Inc.	Responsabilidade Técnica: Os ensaios foram realizados sob a responsabilidade técnica do profissional Wanderlei Elias Penn, CRF/GO nº 1250
Revisores: Waleison Silva Ludmilla Blencourt	GOIÂNIA - GO: 30/11/2020 Thaisa Machado Elias
Chave de Validação: 1e1ff5e65f50e5c41b12c3a0503c866d	
PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA - OS RESULTADOS REFEREM-SE EXCLUSIVAMENTE ÀS AMOSTRAS ANALISADAS	

Fonte: Aqualit Tecnologia em Saneamento, 2020.

Figura: Resultado da análise na rede de distribuição- (Ponto 3)

RELATÓRIO DE ENSAIO NÚMERO 32536/2020 - 0 - A						
AMOSTRA NÚMERO:31308/2020						
Dados do Cliente						
Cliente: ALENCAR RODRIGUES DE MENESES						
Município: Firmimópolis-GO						
Endereço: Avenida Vitoriano Borges Naves, 1370 —, Centro.						
Dados da Amostra						
Material: Água de consumo		Temp.amb.no local °C: —		Data da Coleta: 16/11/20 18:23		
Ponto de Coleta: Rede de Água Pública - Saneago		Temp.amostra no local °C: —		Data entrada laboratório: 17/11/2020 11:00:00		
		Chuvvas: Não		Data da elaboração do relatório: 30/11/20 12:28		
		Coletor da Amostra: Interessado		Plano de Amostragem: 3708/2020		
Parâmetros	Resultados	Unidade	LQ	PRC N° 5	Método	Data de Análise
Alcalinidade a bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	23,0	mg CaCO ₃ /L	1,0	—	SMWW 2320B	16/11/20
Alcalinidade a carbonato (CO ₃ ²⁻)	< 1,0	mg CaCO ₃ /L	1,0	—	SMWW 2320B	16/11/20
Alcalinidade a hidróxido (OH ⁻)	< 1,0	mg CaCO ₃ /L	1,0	—	SMWW 2320B	16/11/20
Alcalinidade total	23,0	mg CaCO ₃ /L	1,0	—	SMWW 2320B	16/11/20
Cloro residual	<0,1	mg/L	0,1	entre 0,2 e 5,0mg/L	SMWW 4500-Cl B	17/11/20
CO ₂ livre	9,2	mg CO ₂ /L	0,1	—	SMWW 4500-CO ₂ C	16/11/20
Cor e odor	0	NA	NA	até 6	Sensório	17/11/20
Nitrogênio amoniacal	<0,6	mg NH ₄ -N/L	0,6	até 1,5 mg/L	SMWW 4500-NH ₄ F	16/11/20
Oxigênio consumido	<1,0	mgO ₂ /L	1,0	—	CETESB L5 143	16/11/20
pH	6,7	NA	1 a 13	recomenda-se entre 6,0 e 9,5	SMWW 4500-pH B	17/11/20

Dados da Amostra						
Material: Água de consumo		Temp.amb.no local °C: —		Data da Coleta: 16/11/20 18:23		
Ponto de Coleta: Rede de Água Pública - Saneago		Temp.amostra no local °C: —		Data entrada laboratório: 17/11/2020 11:00:00		
		Chuvvas: Não		Data da elaboração do relatório: 30/11/20 12:28		
		Coletor da Amostra: Interessado		Plano de Amostragem: 3708/2020		
Parâmetros	Resultados	Unidade	LQ	PRC N° 5	Método	Data de Análise
Cloroito	7,4	mg Cl ⁻ /L	0,5	até 250,0 mg/L	SMWW 4500-Cl-B	16/11/20
Condutividade	48,7	µS/cm	0,1	—	SMWW 2510B	17/11/20
Cor aparente	< 2,0	mg Pt-Co /L	2,0	até 15,0 mg Pt-Co /L	SMWW 2120C	17/11/20
Dureza	35,0	mg CaCO ₃ /L	1,0	até 500,0 mg/L	SMWW 2340C	16/11/20
Ferro	0,06	mg Fe/L	0,01	até 0,3 mg/L	SMWW 3600-Fe B	20/11/20
Fósforo total	<0,01	mgP/L	0,01	—	SMWW 4500-P B e E	24/11/20
Sólidos dissolvidos totais	24,0	mg/L	2,5	até 1000 mg/L	SMWW 2540C	16/11/20
Turbidez	0,8	NTU	0,1	até 5,0 NTU	SMWW 2130B	16/11/20
Coliformes totais	Ausente	NMP/100 mL	NA	Ausente	SMWW 9223	17/11/20
Contagem de bactérias heterotóicas	4	UFC/mL	1	até 500,0 UFC/mL	SMWW 9218B	17/11/20
Escherichia coli	Ausente	NMP/100 mL	NA	Ausente	SMWW 9223	17/11/20

OBSERVAÇÕES	
1 - Amostra coletada, transportada e enviada pelo interessado.	
2 - De acordo com a Portaria de Consolidação N° 5, de 28 de setembro de 2017, Ministério da Saúde, pode-se afirmar que o(s) parâmetro(s) analisado(s): Cloro residual não alcançam os limites mínimos permitidos.	
Declaração de Incerteza de Medição Nos impressos da Genética da Qualidade constam a incerteza expandida (U), que é baseada na incerteza padrão combinada, com um nível de confiança de 95% (k=2), que será disponibilizada sempre que solicitado pelo cliente. Método de Referência: SMWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22ed. EPA - US Environmental Protection Agency CFP - Kit Microestruturas Saneamento Analytical Systems Inc. Legenda: LQ: Limite de quantificação do método; NA: Não aplica; VA: Virtualmente ausente. Responsabilidade Técnica: Os ensaios foram realizados sob a responsabilidade técnica do profissional Wanderlei Elias Peres, CRP-GO nº 1250	
Revisores: Welson Silva Ludmila Bitencourt	 Thaissa Machado Elias
GOIÂNIA - GO: 30/11/2020	
Chave de Validação:41d36c0f51cc1ef99381e4f96dd39ceda	
PROIBIDA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA - OS RESULTADOS REFEREM-SE EXCLUSIVAMENTE ÀS AMOSTRAS ANALISADAS	

Fonte: Aqualit Tecnologia em Saneamento, 2020.

Capítulo 11



10.37423/220405761

AVALIAÇÃO DA CARBONATAÇÃO NATURAL DE MATERIAIS CIMENTÍCIOS A PARTIR DE ENSAIOS ACELERADOS E DE MÉTODOS DE PREDIÇÃO

TAUANY MARTINS VIEIRA

CENTRO UNIVERSITÁRIO
METROPOLITANO DA AMAZÔNIA

Caio Bruno de Oliveira Nascimento

CENTRO UNIVERSITÁRIO
METROPOLITANO DA AMAZÔNIA

FELIPE JOSÉ LOSADA REIS

CENTRO UNIVERSITÁRIO
METROPOLITANO DA AMAZÔNIA



Resumo: Muitas estruturas prediais são formadas a partir de um conjunto de materiais, os quais têm a função de proporcionar o sustento da obra, sendo o deles o concreto armado. Porém, mesmo sendo eficiente, esse tipo de material está sujeito a fatores naturais que provocam o processo de carbonatação, deixando a estrutura frágil e instável, reduzindo sua vida útil. No intuito de fazer com que esse processo possa ser evitado a um longo prazo, são feitos experimentos acelerados devido ao tempo que a carbonatação cimentícia ocorre em condições naturais. Contudo, os estudos sobre o assunto expõem uma diversidade de modelos e critérios para promover tal ação, o que acaba dificultando o encontro de soluções para o problema. Este trabalho tem objetivo analisar as estimadas profundidades obtidas em diferentes modelos de predição a partir de ensaios acelerados com a carbonatação natural, comparando os resultados em ensaios naturais com os ensaios acelerados e como a relação do tipo de cimento utilizado e sua relação de água/cimento mudará a profundidade carbonatada. Para a parte experimental, foram empregadas argamassas preparadas com um tipo de cimento (CP III – Convencional) e três relações água/cimento (0,20, 0,45 e 0,65), sendo a proporção do cimento com o agregado fino 1:3. Para as amostras dos ensaios acelerados de carbonatação, foi utilizado o tempo de 28 dias de cura, usando um valor controlado de vazão em 10L/min ou 0,0010m³/min de CO₂. Portanto, observou-se que a aplicação da película protetora aumenta significativamente a resistência à carbonatação dos concretos estudados.

Palavras-chave: estruturas prediais, normalização, carbonatação, ensaio acelerado.

1. INTRODUÇÃO

A evolução da engenharia trouxe novas técnicas para serem executadas, mas também novos problemas para serem tratados, podendo citar a criação do cimento, um pó com propriedades de aglomerar, aglutinar ou ligar material por meio da adição da água, proporcionando um endurecimento da substância.

Os diversos tipos de cimentos criados no decorrer do tempo funcionam como processos de evolução da engenharia no mundo. Como em 1758, o inglês John Smeaton foi incumbido de desenvolver um cimento que fosse capaz de resistir à ação erosiva da água do mar com adição de uma cinza vulcânica chamada de pozolana e, em 1976, James Parker desenvolveu um tipo de cimento, obtido através da calcinação de nódulos de calcário impuro (TETRACON, 2017).

Hoje, a literatura expõe que concreto possui três funções de proteção para o aço, sendo ela física (dificultando o acesso de agentes que possam agredir o aço), química (por ter alta alcalinidade, forma uma película passiva para a armadura) e mecânica (pela alta resistência à compressão e a tração). Porém, diante dessas novas descobertas, vieram novos problemas, como patologias envolvendo o concreto e a sua armadura. Assim, a existência de um processo físico-químico que ocorre com a reação de gases do meio ambiente com as propriedades do concreto derivados da hidratação coloca em xeque as estruturas prediais feitas de concreto armado.

Esse processo é chamado carbonização, uma patologia que afeta o concreto e facilita a corrosão da armadura, pois ela quebra a película passivadora do concreto e permite a entrada do CO_2 . Para que isso aconteça, há a entrada de CO_2 e H_2O para o interior da estrutura, a qual, segundo Papadakis et al., (1991), segue as seguintes etapas simplificadas: Entrada do CO_2 e da água proporcionando uma dissolução do CO_2 ; Reação com as substâncias alcalinas presentes na solução; Dissolução dos cristais de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ presente nos poros devido a redução do pH provocado pelas reações anteriores; Consumo do Ca assim diminuindo pH do concreto e a formação dos cristais CaCO_3 .

O gás carbônico presente na atmosfera consumirá os compostos alcalinos da pasta hidratada de cimento e entrará em contato com o hidróxido de cálcio formando assim o carbonato de cálcio. A velocidade em que ocorre a penetração dos fatores de carbonatação é uma ação influenciada pelas condições naturais e as características do concreto.

As variáveis do artigo serão as proporções usadas entre o tipo de cimento e a relação entre água/cimento. A proporção usada na relação cimento/agregado fino foi 1:3 de traço e em relação água/cimento foi 0,20;0,45;0,65 litros para cada 1kg de cimento.

Usando tempo de desforma como outra condição em corpos de provas de 5 cm de diâmetro e 10cm de altura em tubos de PVC, nota-se que a secagem na forma ocorrerá em uma única direção e já após a desforma, acontecerá em 2 direções, ou seja, o índice de profundidade aumenta conforme mais áreas forem expostas ao CO₂ e H₂O (Rougeau, 1997).

Segundo as literaturas da engenharia civil, sempre existiu as patologias, sendo elas da argilas até o cimento. Com isso, surgiu a busca de meios e métodos de retardar ou cessar as patologias existentes na engenharia civil. Visando esse propósito, existe o método chamado Carbonatação Forçada, ou seja, aumentar a concentração de CO₂ em contato com o concreto.

Portanto, o projeto estudado neste relatório teve 2 parâmetros, primeiro a relação água/cimento e segundo o tipo de cimento envolvido nos corpos de prova. Através disso, foi feito o estudo que envolve acelerar a carbonatação por meio de câmaras, é importante para entendermos como funciona e como cada fator envolvido o ajuda. O intuito dos estudos é encontrar formas de prevenir ou retardar a carbonatação do concreto por meio de ensaios acelerados onde iremos aumentar a concentração de CO₂ para antecipar a carbonatação e assim visualizar as diferentes profundidade de carbonatação encontrada em cada. Dito isso, a carbonatação é um processo lento e natural, então utilizaremos ensaios acelerados, onde a concentração de CO₂ aumentará, antecipando as reações.

Diante disso, para os ensaios foram considerados dois fatores: o primeiro é a relação água/cimento e o segundo foi o tipo de cimento. Por isso, a meta é comparar inúmeras amostras de concreto feito pelo cimento CPIII convencional com proporções de água diferentes. Além disso, o produto será analisado com quatro tempos de ensaios acelerados, sendo eles 3,7,14 e 21 dias.

O objetivo dos estudos é encontrar formas de prevenir ou retardar a carbonatação do concreto por meio de ensaios acelerados onde iremos aumentar a concentração de CO₂ para antecipar a carbonatação e assim visualizar as diferentes profundidade de carbonatação encontrada em cada. Dito isso, a carbonatação é um processo lento e natural, então utilizaremos ensaios acelerados, onde a concentração de CO₂ aumentará, antecipando as reações.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Diante da necessidade de se avaliar a carbonatação em corpos de prova de concreto, faz-se necessário um estudo que correlacione a sua deterioração com o tempo de exposição à natureza. Para atender tal necessidade, usou-se uma câmara de carbonatação, que é capaz de acelerar o processo natural através do método de carbonatação acelerada.

2.1. MATERIAL DO CORPO DE PROVA E DA CÂMARA DE CARBONATAÇÃO:

A composição química do cimento determina a quantidade total de álcalis disponíveis para as reações de neutralização, ou seja, a quantidade de óxidos, hidróxidos, silicatos e aluminatos presentes na matriz cimentícia (KULAKOWSKI, 2002). Para o estudo a ser feito, foi escolhido o cimento portland de alto-forno (CP III), pois este como principais características o baixo calor de hidratação, alta durabilidade e impermeabilidade, uma boa resistência às variações de temperatura (expansão e contração), além de resistência a materiais à base de sulfato. Somado a isso, para propor a mistura, foram usados quantidades de água e areia média para construção dos corpos de prova. Para construção de uma câmara de carbonatação, foram utilizados materiais para dimensões externas e internas. Para sua estruturação, foram utilizados a carcaça de uma câmara de refrigeração “frigobar”, bem como manta adesiva; acrílico 4mm; Dobradiças; Cantoneira metálica; Cola para acrílico e metal; Tubo de silicone.

Figura 1 - Corpo preparado na câmara



2.3. MONTAGEM DA CÂMARA:

A primeira parte é a montagem da câmara, foi tirado tudo que não era necessário para o uso. Então, foi feita a extração de todos os objetos da parte traseira do câmara de carbonatação. Logo após a remoção dos itens da câmara de carbonatação, foram notados os inúmeros buracos deixados pela retirada dos itens não usados.

Com isso, foram realizadas algumas medidas para não deixar o gás sair por trás, então, foi concluído que o uso da manta adesiva impossibilita a saída do CO₂ pelas fissuras da câmara de carbonatação. Para melhorar o ensaio, foi feita a retirada da porta metálica do frigobar, e depois foi feita a medida para colocar a placa de acrílico. A placa de (1m x 1m) foi cortada de forma a tapar o espaço deixado pela retirada da porta, para isso, as medidas do cortes foram (45cm x 50cm). Foi colado duas placas de

acrílico de 4mm com cola própria e foi feita uma abertura (25 x 15) para poder locomover os corpos de provas dentro da câmara. Para melhorar o desempenho de estanqueidade do ensaio, foi colocado duas cantoneiras em lados diferentes para poder segurar e comprimir as placas com a borracha na parte metálica do frigobar, tendo como consequência positiva um ensaio sem vazamento de gás. Para finalizar, foi feita a colagem e o encaixe do tubo de silicone com o cilindro de CO₂. Utilizando também um manômetro de argônio para poder encaixar no cilindro, com vazão em L/m. Por fim, foi o último passo para iniciar o processo de carbonatação acelerada.

2.4. TIPO DE CURA

O tipo de cura adotado foi em ambiente externo, por comparar os ensaios acelerados mais pertos dos reais. O tempo de cura em ambiente aberto foi de 28 dias, tanto para natural quanto para acelerada. Após isso, foi analisado o pré condicionamento, que é por fim um dos pontos de partida para a elaboração do programa experimental. O ensaio acelerado foi feito em dois tipos de condicionamento:

- a) conforme especificado pela RILEM (1999);
- b) em ambiente com temperatura controlada

Nas condições ambientais, foi adotada somente a concentração de CO₂ para o estudo de ensaios acelerados, onde, por meio de um cálculo, foi achado um valor de tempo necessário para poder cobrir o corpo de prova em pelo menos 30% da câmara.

Já para os ensaios de carbonatação natural foi escolhida uma condição: ambiente interno protegido das intempéries: sala climatizada. Na etapa de condição natural, as variáveis em relação ao tipo de cimento e a relação a/c.

Depois de verificar o comportamento da carbonatação frente a diferentes tipos de pré condicionamento e percentuais de CO₂, foi considerada a composição do cimento e suas relações:

- a) CP – III (CONVENCIONAL) de alto forno, indicado para obras como esgoto, barragens, pontes ou ainda outros tipos de obras mais simples.

As três relações água/cimento escolhidas são: 0,20, 0,45 e 0,65. Considerou-se que assim se estaria contemplando valores de resistência à compressão baixos, intermediários e altos.

Os ensaios de carbonatação deste trabalho foram realizados com argamassas, em um traço de cimento e agregado fino de 1 para 3, com o intuito de comparar os diferentes fatores que determinam o progresso da carbonatação, tais como o tipo de pré condicionamento e a concentração de CO₂, mas, principalmente entre carbonatação natural e acelerada. Por isso foi feita a escolha desses parâmetros.

A câmara suportou 12 corpos de prova, sendo eles de relações de água/cimento diferentes, e onde seriam retirados e fissuras 3 corpos em 3 dias, 7 dias, 14 dias e 21 dias.

2.5. MÉTODO DE CARBONATAÇÃO NATURAL

Para os ensaios de carbonatação foram utilizados corpos-de-prova cilíndricos com dimensões de 10 cm de altura x 5cm de diâmetro. Após a mistura, os moldes foram preenchidos e batidos manualmente até a saída de todo o ar do molde. Em seguida, as amostras foram levadas a um ambiente externo para ter 28 dias de cura.

Terminada a cura, os corpos-de-prova permaneceram na bancada do laboratório por um tempo de 10 dias (imprevistos do dia a dia). Após esse atraso, foi feita a fissura em máquina de compressão para determinar a força em MPA exercida para quebra e com o objetivo depois de passar a solução fenolftaleína na superfície do corpo partido ao meio transversalmente. E assim medir sua profundidade carbonatada.

2.6.MÉTODO DE CARBONATAÇÃO ACELERADA

Corpos-de-prova preparados de forma idêntica aos utilizados para os ensaios de carbonatação natural foram empregados para os ensaios de carbonatação acelerada. O ensaio acelerado foi feito para o ar que entra na câmara já está na concentração de 6% de CO₂, e sua alimentação é contínua, sendo interrompida apenas durante a medição da carbonatação. Ficaram recebendo CO₂ até o dia 21, pois foi o último dia de referência que foi usado para calcular e a profundidade carbonatada.

3. RESULTADOS

Os ensaios para determinação da profundidade de carbonatação, foram realizados em 3 relações de água/ cimento em 4 tempos diferentes, 4 tabelas a seguir indicam os valores da resistência à compressão.

Tabela I: Curvas de escalímetro para diferentes dias:

AUTOR	MODELO	3 Dias	7 Dias	14 Dias	21 Dias
		fck estimado			
Curva de esclerômetro	$Y = 1,6853x - 26,912$	19,33	18,94	27,62	17,53

Tabela II: Resistência de corpos de prova com diferentes idades:

NOME	IDADE(Dias)	RESISTÊNCIA	PROFUNDIDADE CARBONATADA
CP DE 3 DIAS	3	19,33	Muito alta
CP DE 7 DIAS	7	18,94	Muito alta
CP DE 14 DIAS	14	27,62	Muito alta
CP DE 21 DIAS	21	17,53	Muito alta

4. DISCUSSÃO

A tabela I foi composta através de valores de 16 pontas de corpo de prova, usando uma distância de 30 mm de dois pontos aproximados. Existe um cálculo para saber o tempo estimado que levará a carbonatação chegar na estrutura metálica, sendo ela.

Porém, como não usamos estruturas metálicas, os valores a serem observados nesse quesito não serão consideradas.

Dessa maneira, foi percebido que, pelo tempo de carbonatação em um corpo de prova muito “jovem”, a resistência F_c é muito alta quando verificados com corpos de prova mais antigos, em analogia aos valores do artigo estudado e do projeto realizado, concluiu-se que os resultados são diferentes até um certo ponto, pois, quando comparados os corpos de prova que possuem anos expostos a carbonatação e corpos que possuem meses de “vida” os valores obtidos serão 100% diferentes. Confirmando que a conclusão do artigo base está correta e que os dados precisam ser retirados de modelos de predição.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A carbonatação acelerada tem o intuito de reduzir o tempo necessário para saber como é o comportamento do material em sua condição natural. Há muito tempo esses estudos de carbonatação acelerada foram conduzidos sem um padrão, pois acreditava-se que a falta de conhecimento de como acelerar o fenômeno de forma incorreta. Durante as realizações das pesquisas, muitos desses resultados e modelos foram achados e criados, diante disso e da falta de compatibilidade de resultados, não foi possível ter um banco de dados para prever a vida útil do material.

Nos testes em ensaios acelerados foi seguido alguns parâmetros como o uso do cimento CP III-convencional, as relações de água/cimento foram 0,20l: 0,45l:0,65l em um tempo de cura de 28 dias. Os corpos em carbonatação natural foram realizados e curados em ambientes abertos, então após seu tempo de cura um dos corpos apresentou em sua seção transversal totalmente carbonatada.

Após o ensaio natural, foi realizado o ensaio acelerado, onde o tempo necessário para injetar gás na câmara foi de 11 minutos em uma vazão de 10L/min. Assim, preenchendo em torno de 30% do volume interno da câmara, após isso, foi realizada a quebra transversal dos corpos após x dias de carbonatação acelerada, sendo os dias 3,7,14 e 21 dias. Notou-se uma carbonatação bem grande comparada ao ensaio natural, principalmente nos dias intermediários.

Os resultados são muito próximos dos artigos estudados, concluindo assim que os fatores de localização ambiental, como altitude, latitude, altimetria e ambiente ajudam sim nas mudanças dos resultados de profundidade carbonatada, mas como também os parâmetros usados colaboraram. Assim, foi concordado com os artigos estudados que os valores não podem ser comparados e usados como base, já que condições que não controlamos pode afetar o corpo estudado, assim modificando os valores de profundidade carbonatada.

Notou-se que a profundidade de carbonatação aumenta conforme o tempo diminui, mas vale lembrar que os ensaios acelerados são só um meio de prever a vida útil do concreto através de situações reais. Com os dados apresentados e estimados nessas condições, conclui que não tem como prever a vida útil do concreto de forma padronizada, então o único jeito de calcular ou desvendar é por meio de modelos predição.

Comparação entre ensaios naturais e acelerados de carbonatação e nas condições executadas neste estudo, indica-se:

O tempo de cura para os ensaios acelerados com melhor resultado foi 28 dias, pois dá-se o tempo necessário para o concreto “amadurecer”.

O tipo de condicionamento mais adequado é o realizado em sala climatizada, uma vez que essa condição se assemelha muito à condição natural, pois foi feito corpos de provas em ambientes abertos e climatizados, e notou-se a semelhança no tempo de cura.

O esperado nessa pesquisa é poder contribuir no entendimento da carbonatação em algumas condições controladas e não controladas, assim, auxiliando aqueles que desejam ter um breve conhecimento sobre esse assunto. Assim incentivando novas pesquisas que trarão resultados mais positivos e dados bases para serem usados em carbonatação acelerada.

6.REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO:

ABREU, A. G. Estudo da corrosão da armadura induzida por carbonatação em concretos com cinza volante. Tese de doutorado, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

AIÏT-MOKHTAR, A.; DELMI, M. Partie 3.2: Compléments bibliographiques – Modèles de carbonatation pour les CPA et CLC. p.141-159. Rapport final, La Rochelle: Université de La Rochelle, 2002.

ALEXANDRE, J. Vitesse de carbonation (Rate of carbonation). RILEM COLLOQUIUM ON CARBONATION OF CONCRETE. Anais. Paper 3.1, 1976.

ALVES, A. S. Efeitos físicos e químicos de misturas pozolânicas na carbonatação e penetrabilidade à água em concretos de alto desempenho. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Manual of Concrete Practice Part 1 – 1991.

Materials and General Properties of Concrete, Committee 222. Detroit, Michigan, 1991, 11p. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Annual Book of ASTM Standards. Designation: C 150 –97a: Standard specification for Portland cement. 1998, v. 14.02.

___. Designation: E 632 –82 (reapproved 1996): Standard specification for Portland cement. 1998, v. 14.02.

ANDRADE, C. Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras. São Paulo: PINI, 1992.

ANDRADE, C.; ALONSO, C.; BACLE, B. Accelerated testing methodology for evaluating carbonation and chloride resistance of concrete coatings. FIP SYMPOSIUM. Anais.... p.61- 67. Jerusalem: [s. ed.], 1988.

ASOCIACIÓN MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN. NM 101:96: Concreto: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. [s. l.], 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5732: Cimento Portland comum. Rio de Janeiro, 1991.

_. NBR 5736: Cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro, 1991.

_. NBR 6118:2003: Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro,

2004. ISAIA, G. C.; VAGHETTI, M. A.; GASTALDINI, A. L. Carbonatação acelerada e natural do concreto com alto teor de pozolanas: um estudo preliminar. In CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 43°, 2001, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu, 2001, 16p.

ISGOR, O. B.; RAZAQPUR, A. G. Finite element modeling of coupled heat transfer, moisture transport and carbonation processes in concrete structures. Cement and Concrete Composites, v. 26, n. 1, p. 57-73, 2004.

JIANG, L.; LIN, B.; CAI, Y. A model for predicting carbonation of high-volume fly ash concrete. *Cement and Concrete Research*, v. 30, n. 5, p. 699-702, 2000.

JOHANNESSON, B.; UTGENANT, P. Microstructural changes caused by carbonation of cement mortar. *Cement and Concrete Research*, v. 31, n. 6, p. 925-931, 2001.

JOHN, V. M. Cimentos de escória ativada com silicatos de sódio. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

KAZMIERCZAK, C. S. Contribuição para a análise da eficiência de películas aplicadas sobre estruturas de concreto armado com o objetivo de proteção contra a carbonatação. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.