

CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO: PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

VOLUME VI



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Ciência da computação: princípios fundamentais

6ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

6ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238C Ciência da computação: princípios fundamentais

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2023

105 f.: il

DOI: 10.37423/2023.edcl746

ISBN: 978-65-5367-343-4

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. tecnologia 2. informática 3. codificação 4. sistemas I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 4

<https://doi.org/10.37423/2023.edcl746>

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

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Wesley Pacheco Calixto

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

MSc Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	5
UMA APLICAÇÃO COM USO DE TOTEM DE AUTOATENDIMENTO MULTILOJA PARA RESTAURANTES E LOJAS DE FAST FOOD	
João Lucas Apolinário Durigan	
Marcelo Vinicius Marques Guerra	
Oliver Prioli Junior	
Stephanie Caroline Nunes Paulino	
Nelson Augusto Oliveira de Aguiar	
Milkes Yone Alvarenga	
DOI 10.37423/230607827	
 CAPÍTULO 2	 16
PROCESSOS DE FABRICAÇÃO TRIDIMENSIONAL (PF3D) NA AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO EM MEIO AS MUDANÇAS ACADÊMICAS	
MICHELL THOMPSON FERREIRA SANTIAGO	
DIEGO DE SOUSA FEITOSA	
DIEGO FUCHS PINTO LEFRANCOIS	
JOÃO GUSTAVO BITTENCOURT LIMA PARANHOS	
PAULO RICARDO ALVES DA COSTA	
MARCOS MOREIRA GOMES DE SOUZA	
WALLACE LIMA DOS SANTOS	
DOI 10.37423/230607878	
 CAPÍTULO 3	 35
CLASSIFICADOR DE IMAGENS TERMOGRÁFICAS USANDO TRANSFERÊNCIA DE APRENDIZAGEM	
Fausto Oliveira e Silva	
Gustavo Maia de Almeida	
Flavio Barcelos Braz da Silva	
DOI 10.37423/230607910	
 CAPÍTULO 4	 51
O USO DA TECNOLOGIA COMO FERRAMENTA DE COMPARTILHAMENTO E PRESERVAÇÃO DO DIALETO INDÍGENA	
Dener Guedes Mendonça	
Joselice Ferreira Lima	
Claudio Alexandre Gusmão	
DOI 10.37423/230607918	

CAPÍTULO 5 66

ENSINO DE PROGRAMAÇÃO ON-LINE DURANTE A PANDEMIA POR COVID-19

CECIR BARBOSA DE ALMEIDA FARIAS

Iggor Thadeu Lagos de Souza

Paloma dos Santos Alves Nunes

Pedro Paulo Mendes Tomaz

Manoel Cardoso Costa Segundo

DOI 10.37423/230607925

CAPÍTULO 6 88

EXTENSÃO DA ABORDAGEM DE DESENVOLVIMENTO DIRIGIDO A MODELOS DE
SIMULAÇÕES COM AGENTES (MDD4ABMS) PARA SUPORTAR PORTABILIDADE DE
SIMULAÇÕES

Rafael Tenfen

Fernando Santos

DOI 10.37423/230607932

Capítulo 1



10.37423/230607827

UMA APLICAÇÃO COM USO DE TOTEM DE AUTOATENDIMENTO MULTILOJA PARA RESTAURANTES E LOJAS DE FAST FOOD

João Lucas Apolinário Durigan

Universidade São Judas Tadeu

Marcelo Vinicius Marques Guerra

Universidade São Judas Tadeu

Oliver Prioli Junior

Universidade São Judas Tadeu

Stephanie Caroline Nunes Paulino

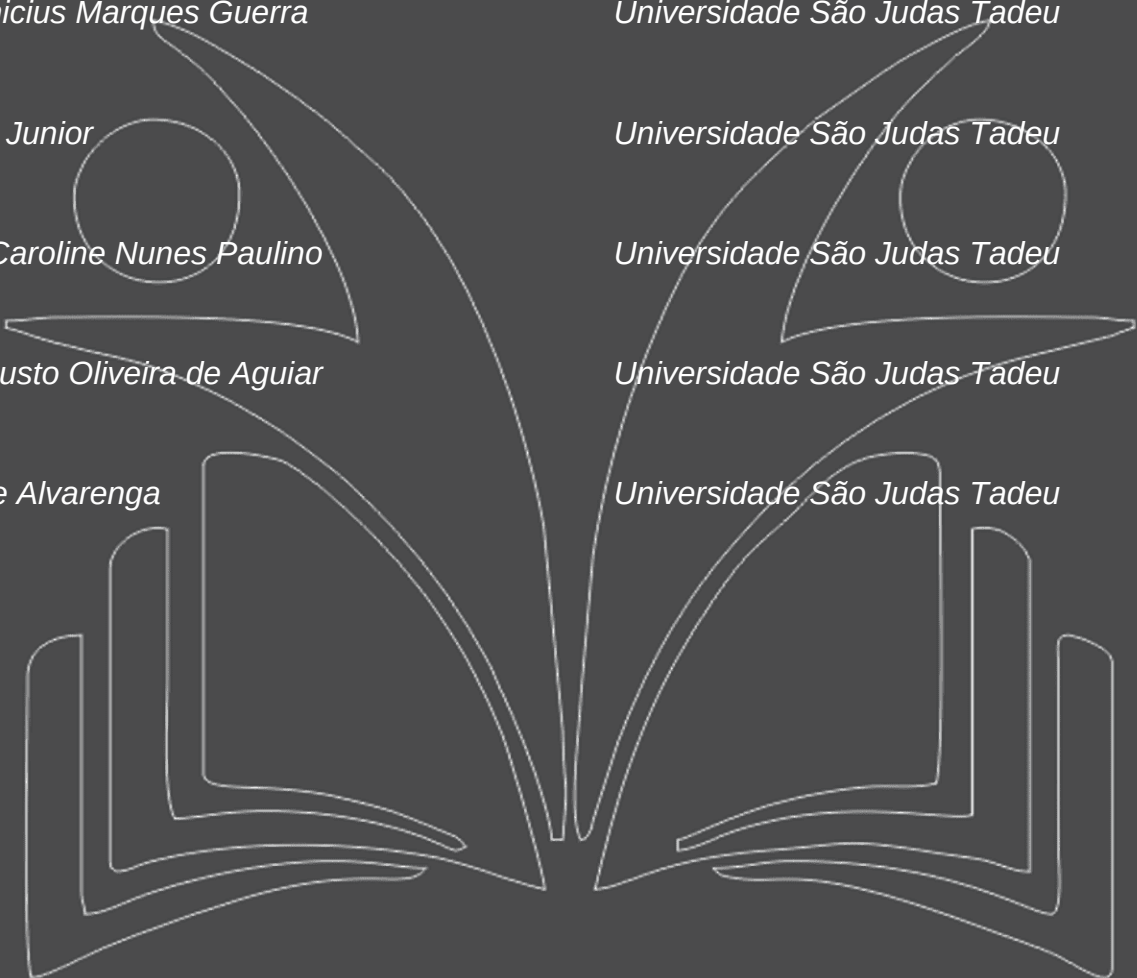
Universidade São Judas Tadeu

Nelson Augusto Oliveira de Aguiar

Universidade São Judas Tadeu

Milkes Yone Alvarenga

Universidade São Judas Tadeu



1. INTRODUÇÃO

O sucesso empresarial hoje impõe inovação e uma transformação digital focada no cliente [1][2]. Com efeito, as empresas estão buscando aprimorar seus processos de negócio e investindo em soluções tecnológicas para atender melhor seus clientes e se manterem competitivas em um mercado cada vez mais exigente.

Assim como ocorre em outras áreas, no ramo dos restaurantes e estabelecimentos de *fast food*, o autoatendimento tem se tornado uma ferramenta de grande importância nesse movimento, sendo que a falta de sistemas de autoatendimento digital pode resultar em prejuízos significativos tais como perda de receita, filas longas e insatisfação dos clientes. Além disso, a necessidade de mais funcionários para atendimento ao cliente, devido à espera excessiva na fila para realizar pedidos, reflete a dificuldade administrativa do estabelecimento e pode aumentar o custo operacional [3].

Um estabelecimento que utiliza meios digitais de autoatendimento reduz os problemas de ter longas filas e de espera pela chegada dos pedidos. Para os clientes há o benefício da possibilidade de preços mais acessíveis, além de os sistemas digitais poderem fornecer mais informações e imagens sobre os itens do cardápio, um melhor controle na hora de realizar o pedido e formas de pagamento objetivas e transparentes [4].

Outra vantagem é agilizar a entrega dos pratos pois, na utilização do autoatendimento, o sistema envia os pedidos diretamente para a cozinha, permitindo que o preparo deles seja iniciado mais rapidamente. Adicionalmente, evita-se mal entendidos na hora de solicitar os itens e repassá-los à equipe da cozinha.

OS TOTENS

Uma das tecnologias que vem se destacando na questão do autoatendimento é o totem. Como o próprio nome sugere, o totem de autoatendimento é um terminal onde clientes podem solicitar serviços e produtos sem qualquer auxílio de um funcionário, uma vez que os sistemas desses terminais devem ser intuitivos e de fácil utilização. Atualmente os totens de autoatendimento podem ser encontrados em vários locais como aeroportos, shoppings, bares e restaurantes, lojas em geral e centros de atendimento ao público [5][6].

Originalmente idealizados para realizar triagens e atendimentos preliminares, os totens evoluíram, agregaram novas funcionalidades e se tornaram instrumentos importantes de autoatendimento ao

cliente [4][5]. Atualmente é possível realizar pedidos em redes de *fast food*, incluindo complementos e requisições especiais, diretamente de um totem e retirá-los, em seguida, no balcão. No Brasil, estes serviços são implantados por diversas empresas como, por exemplo, a Goomer, a Menu Digital e a Genial Tec Soluções em Tecnologia.

A Goomer [7] é uma empresa brasileira que oferece serviços de cardápio digital e totens de autoatendimento para restaurantes. Funciona fornecendo às marcas contratadas uma versão específica do sistema juntamente com uma página de gerenciamento de menus. Alguns estabelecimentos também optam por fornecerem tablets distribuídos nas mesas além dos totens de autoatendimento. A Menu Digital [8] é outra empresa brasileira que apresenta o cardápio aos clientes no formato de um site específico do restaurante. A Genial Tec Soluções em Tecnologia é uma empresa que fornece soluções com uso de totens para diversos setores, incluindo o de bares, restaurantes e lanchonetes [9].

2. OBJETIVOS

O presente trabalho objetiva apresentar uma aplicação para modelo de Totem de Autoatendimento Multiloja, uma tecnologia que consiste em unificar informações e/ou atendimentos de várias unidades de lojas e estabelecimentos, com aplicação no ramo de restaurantes e redes de *fast food* em ambientes como Shoppings Centers, Malls e afins. O software proposto, chamado Cardápio Fácil, visa unificar os sistemas particulares dos restaurantes em uma aplicação que faça a gestão de pedidos que são enviados aos restaurantes e lojas de *fast food*. No caso da solução proposta ser implantada, por exemplo, em um shopping center, o cliente pode utilizar um único totem para fazer pedidos em qualquer dos restaurantes incluídos na aplicação, não estando limitado apenas em realizar as compras na praça de alimentação.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A solução desenvolvida consiste em uma aplicação web que é integrada a um totem permitindo que a pessoa possa utilizá-la facilmente. Na construção do sistema foram utilizadas as seguintes linguagens e frameworks: *Python*, *Bootstrap*, *Django* e *Ajax*. A escolha por estas ferramentas ocorreu pelo fato do Python ser uma linguagem versátil, robusta e moderna, tendo os frameworks ajudando no desenvolvimento e segurança da aplicação.

Em relação ao banco de dados, optou-se pela utilização do SQLite para a primeira implementação do sistema pois este oferece recursos adequados para a plataforma em questão, possuindo

confiabilidade e bom desempenho. O SQLite tem sido utilizado em aplicativos móveis, navegadores da Web e em sistemas embarcados.

No banco de dados foram criadas algumas tabelas para o funcionamento do sistema. Dentre essas tabelas, destacam-se:

- Tabela_Restaurante: armazena os restaurantes existentes no local.
- Tabela_Produto: armazena produtos e preços que ficarão disponíveis para os clientes.
- Tabela_Pedido: armazena os pedidos realizados pelos clientes.

O funcionamento do sistema no totem necessita da integração com os diferentes sistemas dos estabelecimentos de modo a permitir que as informações sejam atualizadas e disponibilizadas em todos os sistemas. Desta forma, cada estabelecimento deverá compartilhar seu cardápio para exibição no totem. Neste processo pretende-se utilizar rotinas inteligentes, aumentar a eficiência na comunicação entre as partes, além de auxiliar na definição de estratégias conjuntas que visam o aumento de lucro.

O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

A Figura 1 exibe uma representação do fluxo da comunicação entre os clientes, o sistema no totem e os restaurantes.

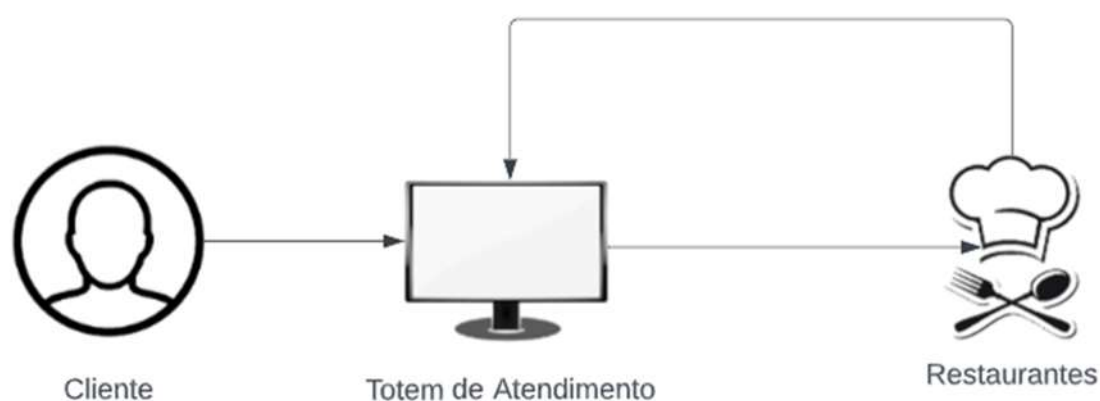


Figura 1 - Representação do fluxo da comunicação entre os clientes, o sistema no totem e os restaurantes.

O funcionamento do Sistema Cardápio Fácil se baseia nos seguintes passos:

- 1 - O cliente localiza um dos totens de atendimento espalhados pelo shopping.

2 - Ao acessar o sistema, o cliente escolhe o estabelecimento de sua preferência e consulta seu cardápio.

3 - O cliente seleciona os itens do cardápio que irão compor seu pedido.

4 - O sistema rodando no totem faz a comunicação necessária com o restaurante para a solicitação do pedido.

5 - Posteriormente, assim que o pagamento é finalizado, o pedido passa a constar na fila do restaurante escolhido para ser preparado.

6 - Assim que o restaurante disponibiliza o pedido para entrega, o cliente pode retirar o seu pedido no estabelecimento escolhido.

Em relação a navegação do sistema, a Figura 2 exibe a tela inicial do sistema em execução no totem com uma pequena saudação ao cliente seguida do nome da aplicação. No meio da tela há uma caixa de texto para que o cliente pesquise o restaurante desejado. Os restaurantes são identificados por seus logotipos.



Figura 2 - Tela inicial.

Após selecionar o restaurante, será possível visualizar o cardápio do mesmo. Na parte superior central é possível identificar qual o restaurante escolhido na tela inicial, conforme ilustrado na Figura 3. Ao clicar no botão “ADICIONAR”, o produto desejado será adicionado ao carrinho. Também será possível

realizar um filtro por categoria de produto que se encontra no lado esquerdo da tela. Após selecionar os produtos, deve-se selecionar o botão “AVANÇAR”, que está localizado no lado inferior direito, para ir para a próxima tela.

Para voltar à tela anterior, o cliente pode clicar em “CARDÁPIO FÁCIL”, no canto superior esquerdo da tela, ou em “HOME”, no canto superior direito da tela.

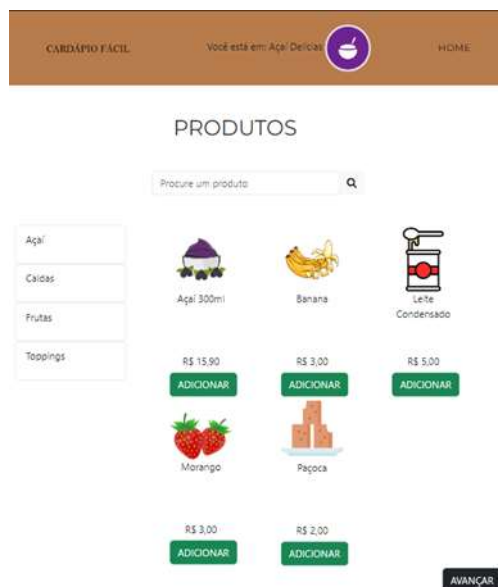


Figura 3 - Tela de produtos.

Após escolher os produtos desejados, eles serão adicionados ao carrinho. As quantidades e o valor total, tanto do produto quanto do pedido, ficam expostos na tela, conforme exibido na Figura 4. É possível modificar a quantidade desejada de cada produto e excluir um item. O botão “VOLTAR”, localizado na parte superior esquerda, faz o sistema retornar para a tela de inserção de produtos ao carrinho.



Figura 4 - Tela de carrinho.

A Figura 5 ilustra a visualização dos produtos que foram selecionados, suas quantidades e o valor total do pedido. No lado direito, há a possibilidade de selecionar o método de pagamento desejado. No campo "OBSERVAÇÕES" é possível escrever alguma observação pertinente ao seu pedido.



Figura 5 - Tela de pedido.

Após apertar o botão “AVANÇAR” deve-se seguir as instruções da máquina de acordo com a forma de pagamento selecionada, conforme Figura 6.

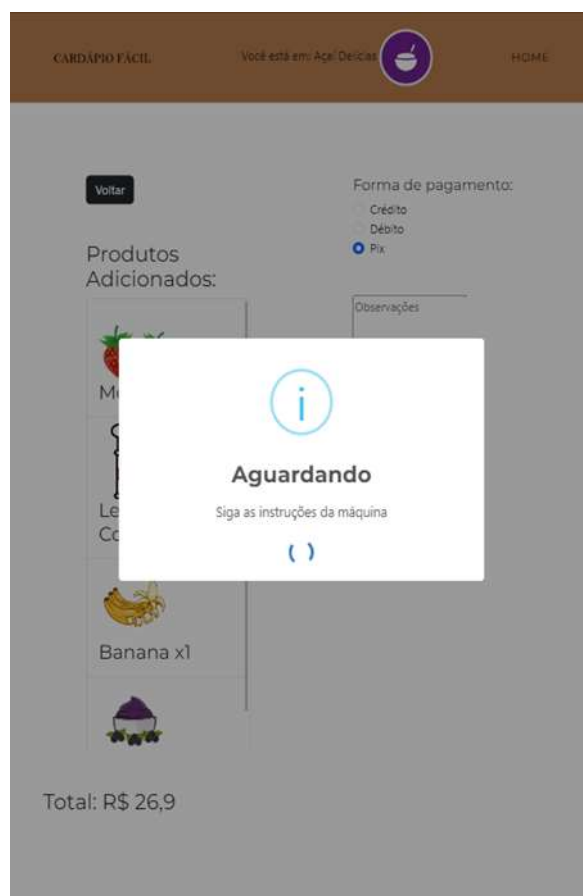


Figura 6 - Tela de pagamento.

Assim que for realizado o pagamento, é gerado o número do pedido e o cupom para que o cliente retire seu pedido no balcão do restaurante, essa tela pode ser visualizada na Figura 7.

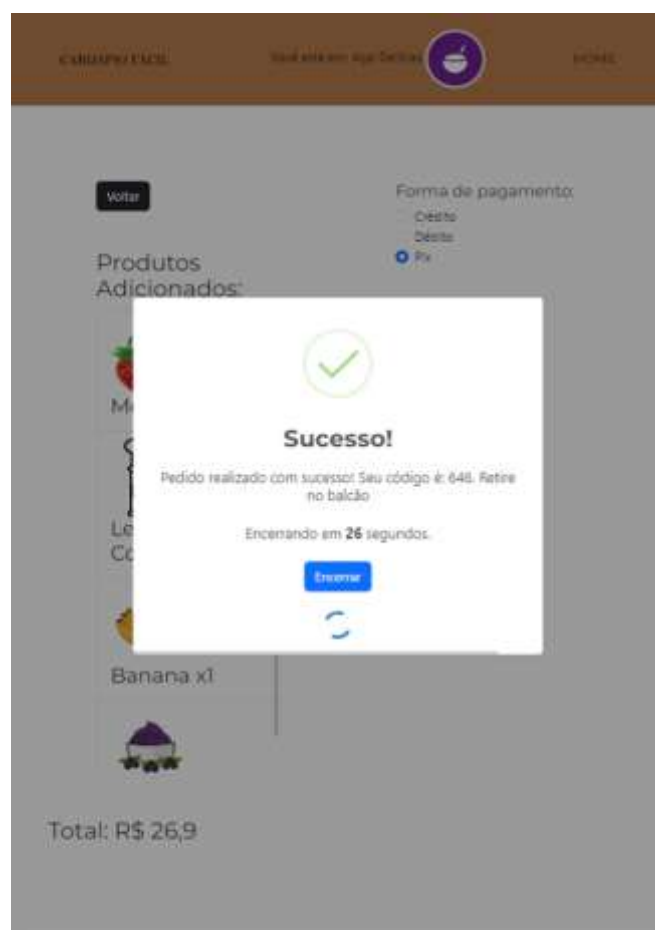


Figura 7 - Tela de pedido realizado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A solução apresentada pretende trazer benefícios para todos envolvidos no processo: os clientes não precisam estar presentes no restaurante ou loja de *fast food* para fazerem seus pedidos, podendo circular nas proximidades do estabelecimento e somente se dirigirem a ele no momento de retirarem seus pedidos. Isto representa flexibilidade, praticidade, maior autonomia e facilidade na compra.

Os restaurantes e lojas de *Fast Food* podem economizar com o custo de funcionários para o atendimento e com o custo de cardápios em papel. O cardápio em papel, além de ser facilmente danificado, oferece pouca ou nenhuma possibilidade de alteração de itens e preços. Já o cardápio digital exibido no totem multiloja poderá ser alterado a qualquer momento. Isso facilita o controle do restaurante sobre a oferta de pratos permitindo a inclusão e retirada de itens do cardápio em tempo real, conforme sua disponibilidade.

Outra vantagem é o aumento da exposição dos restaurantes e lojas de *fast food* por meio do totem, o que pode representar mais oportunidades de venda. Em um shopping center, por exemplo, um certo

restaurante se situa em determinado local mas o totem pode representá-lo em outro, permitindo assim a possibilidade de vendas para clientes que, no momento, não estejam passando pelo local físico do restaurante.

Os restaurantes e lojas de *fast food* podem dividir entre si os custos de aquisição e manutenção do sistema e dos totens espalhados no shopping center, o que viabiliza a adoção desta solução. Abre-se também uma oportunidade para elaborarem em conjunto campanhas promocionais e estratégias de vendas.

É fato que vários restaurantes já utilizam cardápios digitais. No entanto, a solução proposta neste trabalho traz a vantagem de unificar estes cardápios em um único dispositivo, o totem multilojas, e oferecer mais um canal de vendas com praticidade e autonomia para o cliente.

5. CONCLUSÕES

Nesta era de transformação digital, é fundamental que o setor de restaurantes e lojas de *fast food* adotem soluções tecnológicas para manter a competitividade e acompanhar as demandas de uma sociedade em constante evolução.

As tecnologias de autoatendimento permitem economizar em contratações de atendentes, reduzem erros nos pedidos e conferem aos clientes maior autonomia, flexibilidade e facilidade na compra. A aplicação Cardápio Fácil com uso de totens multiloja apresentada neste trabalho poderá contribuir para oferecer essas vantagens e abrir mais um canal de vendas para restaurantes e lojas de *fast food* com potencial para garantir resultados de vendas mais expressivos.

O software Cardápio Fácil foi desenvolvido por alunos do Curso de Engenharia da Computação da Universidade São Judas Tadeu (os quatro primeiros autores) com a supervisão dos professores que acompanharam todo processo de análise, projeto e implementação. Trata-se de uma solução a ser implantada no mercado para prosseguir com melhorias e acréscimos de outras funcionalidades.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ROGERS, D. L. *Transformação Digital: repensando o seu negócio para a era digital*. 1. ed. - São Paulo: Autêntica Business, 2017
- [2] ACCENTURE, Digital Transformation Re-imagine from the outside-in, Accenture Interactive – Point of View Series, 2014.
- [3] FOOD MAGAZINE. Inovação: o impacto dos totens de autoatendimento no segmento de food service. Disponível em <<https://foodmagazine.com.br/food-service-noticia/inovacao:-o-impacto-dos-totens-de-autoatendimento-no-segmento-de-food-service->>. Acessado em: 21/05/2023.
- [4] MUNDO CONECTADO. Novas gerações preferem cardápios digitais em bares e restaurantes para fazer pedidos. Disponível em <<https://mundoconectado.com.br/noticias/v/34468/novas-geracoes-preferem-cardapios-digitais-em-bares-e-restaurantes-para-fazer-pedidos>> Acessado em: 21/05/2023.
- [5] FOOD CONNECTIONS. Totem de autoatendimento: como a tecnologia impacta o food service. 2023. Disponível em <<https://www.foodconnection.com.br/food-service/totem-de-autoatendimento-como-tecnologia-impacta-o-food-service>>. Acessado em: 21/05/2023.
- [6] SANDERS, S. *Aceitação de Tecnologia: uma análise da atitude de usuários diante de totens de autoatendimento em aeroportos*. Monografia (bacharelado) - 68 f. : il. Departamento de Administração - Universidade de Brasília-Brasília - 2011.
- [7] BLOG GOOMER. Conheça as soluções. Disponível em <<https://blog.goomer.com.br/goomer-conheca-solucoes/>>. Acesso em 30/05/2023.
- [8] MENU DIGITAL. Disponível em <<https://www.digitalmenu.com.br/>>. Acesso em 30/05/2023.
- [9] GENIAL TEC. Restaurantes/Bares Disponível em <<https://www.genialtec.com.br/terminais-autoatendimento-restaurantes-bares.html>>. Acesso em 20/05/2023.

Capítulo 2



10.37423/230607878

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO TRIDIMENSIONAL (PF3D) NA AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO EM MEIO AS MUDANÇAS ACADÊMICAS

MICHELL THOMPSON FERREIRA SANTIAGO

CENTRO UNIVERSITÁRIO RUY BARBOSA
WYDEN - UNIRUY

DIEGO DE SOUSA FEITOSA

FACULDADE ÁREA1 WYDEN

DIEGO FUCHS PINTO LEFRANCOIS

FACULDADE ÁREA1 WYDEN

JOÃO GUSTAVO BITTENCOURT LIMA PARANHOS

FACULDADE ÁREA1 WYDEN

PAULO RICARDO ALVES DA COSTA

FACULDADE ÁREA1 WYDEN

MARCOS MOREIRA GOMES DE SOUZA

CENTRO UNIVERSITÁRIO RUY BARBOSA
WYDEN - UNIRUY

WALLACE LIMA DOS SANTOS

CENTRO UNIVERSITÁRIO RUY BARBOSA
WYDEN - UNIRUY



Resumo: O processo de manufatura aditiva surpreende o mercado tecnológico desde 1980 com as suas aplicabilidades em diversos ramos de estudos, desde órgãos funcionais a edifícios, a manufatura aditiva faz com que a ciência avance e melhore a vida de todos. O presente neste artigo ilustra as vantagens, desvantagens e as diversas aplicação dessa tecnologia e à elaboração e construção de um protótipo de alto custo-benefício baseado em um modelo de impressora 3d que já existe no mercado.

Palavras-chave: Impressão 3D, Manufatura aditiva, Protótipo.

1.INTRODUÇÃO

Sendo o processo de impressão 3D, um tipo de manufatura aditiva, essa fabricação consiste na construção de um produto através da adição de material, que normalmente é realizado em camadas, gerando uma peça tridimensional por meio da utilização de um arquivo digital desenvolvido em um software CAD (computer-aided design ou desenho assistido por computador), se diferenciando da fabricação subtrativa, que consiste na retirada do material através de processos de usinagem nas peças, técnica utilizada por exemplo nas fresadoras CNC (Controle Numérico Computarizado) ou a cortadora a laser e plotters de aço computadorizado.

Com o decorrer do tempo diversas técnicas de impressão 3d foram desenvolvidas como o intuito de oferece variados benefícios na produção. Assim possibilitando a redução do desperdício de material utilizado, consequentemente uma economia nos custos para a indústria, redução considerável do tempo de fabricação, maior nível de personalização e criação de produtos com aspectos mais complexos, que seriam mais difíceis de fabricar com meios de fabricação convencionais.

1.1 HISTÓRICO E MODELOS

Charles W. Hull, em 1980, desenvolveu a manufatura aditiva através estereolitografia também conhecida pela sigla SLA, que é o processo que utiliza feixes de laser ultravioleta (UV) para ativar o processo de cura do fotopolímero, com a movimentação do feixe no eixo X e Y, assim formando seções transversais. Após fundar a 3D Systems em 1983 observou que o processo utilizado não se estendia somente a materiais líquidos, mas sim a qualquer material capaz de solidificação ou capaz de alterar seu estado físico, o processo de impressão com filamento.

O Processamento de Luz Direta, Digital Light Processig (DLP), tem seu funcionamento semelhante ao processo estereolitografia com a diferença que ao invés de utiliza feixe de laser ultravioleta (UV), utiliza outra fonte de luz UV como uma tela de LCD ou um projetor, desta forma há a projeção da camada inteira de uma vez.

Em 1990, desenvolvido pelo inventor Scott Crump, cofundador da empresa Stratasys Ltda, o processo de modelagem por depósito de material fundido, fused seposition modeling – FDM, que consiste no processo de expulsão do material, comumente apresentado em filamento, próximo a temperatura de transição vítrea, após isso é extrudado em um padrão próximo ou acima das extrusões anteriores, criando um objeto camada por camada.

Em 1995 no Instituto Fraunhofer ILT em Aachen, Alemanha, desenvolveu o processo de fusão a laser seletiva (SLM), no qual consiste na fabricação utilizando como material com base em pó metálico que é aplicado uma fina camada sobre a mesa então o laser funde o material, após este processo a mesa se desloca-se sobre o eixo Z o equivalente a espessura da camada então é aplicado novamente uma fina camada do material. (Fraunhofer Institute, 2022).

O processo de Deposição de metal a laser, laser metal deposition (LMD), tem seu funcionamento através a incidência de um feixe de laser com a finalidade de produzir uma fina camada de material fundido da superfície metálica, então o material metálico em pó é injetado com o gás argônio, com isso garante a formação de uma liga metalúrgica entre o revestimento e o material de base. Esse processo é utilizado para produzir e reparar peças e componentes de alto valor na indústria óleo e gás, aeroespacial, geração de energia.

Solidificação/Sinterização Direta a Laser em Metal (DMLS), uma das mais destacadas tecnologias para impressão em metal. O termo reflete a uma tecnologia de fusão em pó (*Powder Bed Fusion – PBF*) onde utiliza feixe de laser para fundir o pó metálico entre as camadas até a construção total da peça. Este processo de DMLS pode economizar até 75% do tempo e custos de fabricação de um produto porque permite a construção de um modelo em poucas horas, a partir de dados tridimensionais de um software de design. O principal benefício deste método é a capacidade de produzir objetos de alta complexidade, que não podem ser feitos em modelos tradicionais, todavia, o custo do equipamento é elevado.

O processo de Fusão por Feixe de Elétrons, Electron Beam Melting (EBM), seu funcionamento assemelha-se ao processo de DMLS, na qual baseia-se na emissão de laser, em contrapartida o processo de EBM baseia-se na emissão de feixes de Elétrons.

1.2 MATERIAIS

Essas técnicas de produção viabilizam a utilização de diversos tipos de materiais para impressão 3D como: Metais, Cerâmica e Polímeros. No caso dos metais, temos o aço inoxidável podendo ser usado nas impressoras com tecnologia DMLS, SLM e EBM, sendo mais aplicado na criação de ferramentas e moldes devido a sua resistência e dureza, a prata para confecção de joias e ornamentos, utilizando impressoras com tecnologia SLM, temos o titânio com aplicações na área biomédica, podendo ser utilizado nas impressoras com tecnologia SLM e EBM, e o ouro que devido a sua excelente

condutividade térmica é utilizado na impressora com tecnologia SLM para confecção de joias e ornamentos.

Nas cerâmicas temos como exemplo: Al_2O_3 , ZrO_2 , LiO_2 , SiO_2 , SiC , Si_3N_4 e PZT, que podem ser utilizados nas impressoras com tecnologia FDM e SLM, para produzir componentes leves como rotor de turbina, peças de formatos complexos, rodas dentadas e diferentes transdutores para várias áreas de aplicação: engenharia biomédica, indústria química, eletrônica, aeroespacial e maquinários.

Nos polímeros temos como exemplo: nylon, resina, tereftalato de polietileno (PET), Poliacido Láctico (PLA) e Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), que podem ser utilizados na impressora com tecnologia FDM para fabricação de garrafas plásticas, peças automotivas, brinquedos, peças para eletrodomésticos e muitos outros.

O Policarbonato é um material largamente utilizado na fabricação de peças mecânicas industriais. É um polímero amorfo com cadeias longas de carbonato que são moldáveis quando aquecidos. Possui maior resistência ao impacto. Não forma estilhaços ao serem despedaçados, em comparação ao vidro, dessa forma o PC, se torna mais segura e amplamente adotada. Com suas propriedades mecânicas, transforma-se na escolha ideal de material ao trabalhar com protótipos funcionais, peças de iluminação, projetos de engenharia com resistência ao desgaste e peças expostas a altas temperaturas. Portanto, para a fabricação de sistemas de elevação de barras, travas roscadas, peças com efeito de dobradiça, é uma opção com larga vantagem. Contudo, ao adaptar as peças para a impressão 3D, você deve fazer uma adaptação de modo a corresponder com o ângulo de flexão exigido no projeto tridimensional da peça. Também deve ser reparado nas dificuldades que envolve este tipo de impressão.

- Altas temperaturas de impressão, deve ter uma impressora fechada. Para filamentos, a temperatura da mesa utilizada é de 120°C , enquanto o bico extrusor pode variar de 260°C até 310°C .
- Propensão a contrações, a base da peça na mesa deve conter adesivos.
- Absorção de umidade, o policarbonato é um material higroscópico, isto é, tem facilidade em absorver água. Absorção de umidade do ar causa defeitos de impressão e perda de acabamento superficial da peça.

O filamento termoplástico ABS é um dos mais utilizados para prototipagem rápida, é aplicado em protótipos que necessitam de uma maior resistência à temperatura e ou uma maior resistência

mecânica. Além disso o filamento de ABS apresenta outras características como uma resistência química aceitável, a qual pode ser alterada dependendo a proporção de Acrilonitrila, um baixo índice de absorção de água, assim mantendo a estabilidade dimensional. Com um número elevado de propriedades o filamento ABS pode ser aplicado em diversas áreas.

O filamento de PLA possui diversas vantagens na sua utilização, por exemplo possui a temperatura de fusão inferior a 200°C, é biodegradável sendo produzido através da cana-de-açúcar ou milho, apresenta uma facilidade maior na hora da impressão, não necessita de uma alta velocidade na impressão. Devido a essas vantagens o filamento de PLA se tornou o mais popular para a impressão 3d, o que acarreta a alta disponibilidade de variedades no mercado. Comparado ao filamento de ABS o PLA apresenta uma maior resistência mecânica e possui um menor coeficiente de expansão térmica.

2. ESTUDO DA ARTE

2.1 APLICAÇÕES

A tecnologia de impressão 3D está trazendo um papel importante em áreas como a medicina, engenharia civil e arquitetura, engenharia mecânica, mas tem também aumentado rapidamente a demanda em outras indústrias.

2.1.1 MEDICINA E ODONTOLOGIA

A aplicabilidade da impressão 3D favorece o entendimento e o desenvolvimento aos indivíduos que estão iniciando na área médica, através da utilização de protótipos anatômicos para auxiliar na educação e compreensão do funcionamento e organização do organismo (BONINI et al., 2021). **(7)**

Do mesmo modo a impressão 3D possibilita o desenvolvimento e construção de próteses com o intuito de melhorar a condição de vida de deficientes físicos, no qual a deficiência de um membro poderá afetar diversos aspectos individual e social (RODRIGUES e STOCCO, 2020). **(6)**

A utilização desta tecnologia na área odontológica auxilia tanto no desenvolvimento quanto no aperfeiçoamento do profissional. Em vista de aumentar a eficiência na análise de um prognóstico, facilitar a produção personalizada de modelos ósseos e mandibulares na qual possuem uma grande importância no planejamento cirúrgico. (Moreira et al., 2017) **(17)** (Rodrigues et al., 2008) **(18)**

2.1.1.1 ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA

Afirma a empresa WinSun, fabricante de impressoras 3d para construção civil, que o método de impressão de edifícios tem sido amplamente adotado nos estados unidos e na china devido ao baixo índice de desperdício de material, velocidade da produção, redução considerável no custo de mão de obra e a infinidade de possibilidades arquitetônicas desenvolvíveis por conta das avançadas práticas de impressão.

A Fastbrick Robotics garante que o modelo Hadrian 105 consegue desenvolver a mesma tarefa até 20 vezes mais rápido que um humano. Entretanto o conservadorismo da indústria de construção civil dificulta a evolução dessa tecnologia, apesar de todas as vantagens ofertadas por esse método ainda existe uma afeição pelo método artesanal.

2.1.2 ENGENHARIA MECÂNICA E INDUSTRIAL

Existe uma alta demanda de peças para a indústria, e esse desenvolvimento acelerado impulsiona a busca de novas técnicas para conseguir atender ao mercado, com qualidade, custo baixo e as melhores características e aspectos possíveis. Cada vez mais novos materiais são criados através da impressão 3D e utilizados amplamente em automóveis, aeronaves, navios, indústrias militares e outras indústrias.

Conforme a necessidade de cada mercado, é possível obter peças mecânicas com diferentes características, como por exemplo: resistência à temperatura, flexibilidade, durabilidade, resistência mecânica, ductibilidade. Além dos diversos materiais utilizados na engenharia mecânica, como impressão 3D com Policarbonato (PC), impressão em metal, através dos diversos processos como DMLS, LMD e EBM, os quais são os mais utilizados para fabricação de peças mecânicas e que foram discutidos anteriormente.

Existe o desenvolvimento de novos materiais, podendo formar ligas especiais o qual aumenta a abrangência da impressão 3D, assim possibilitando o desenvolvimento de equipamentos de alta qualidade, materiais de impressão eletrônica, materiais biomédicos, materiais biônicos inteligentes, materiais compósitos de fibra de alto desempenho e materiais compósitos de matriz 'cerâmica de alto desempenho, (Wang Lei & Lu Bingheng, 2022)

A utilização da impressão 3D de peças estruturais de automóveis pode apresentar uma maior leveza e dureza, com isso pode garantir uma maior segurança contrachoque e colisões mesmo em impactos mais fortes ou um bocal do motor que estará menos sujeito à erosão e ao desgaste provocados pelas

altas temperaturas, alta pressão e alta velocidade quando o motor da aeronave estiver funcionando, assim diminuindo o custo com troca e manutenção.

A impressão 3D também pode auxiliar no desenvolvimento e construção de protótipos com o intuito de aumentar a compreensão e exemplificar cada componente apresentando seu funcionamento, como exemplo um projeto de motor a combustão desenvolvido para a aprendizagem através alguns benefícios, como um menor custo, uma maior facilidade na hora de manusear e diminuição do risco de acidentes, desta maneira facilitando o aprendizado (SOUZA e QUIRINO, 2020). **(9)**

2.1.3 APLICAÇÕES EMPREGADAS NAS EMPRESAS E NA SOCIEDADE

A empresa automobilística Volkswagen está utilizando a tecnologia de impressão 3D com o processo de Metal Jet para produzir uma grande quantidade de peças, assim eliminando a necessidade de desenvolvimento e produção de ferramentas, devido a utilização dessa tecnologia houve uma redução no custo e no tempo de produção. Este projeto da Volkswagen em parceria com a HP e GKN Powder Metallurgy foi apresentado a IMTS, feira internacional de manufatura. (Filipe Garrett, 2018). **[L3]**

A equipe automobilística de Fórmula 1 McLaren utiliza a impressão 3D através dos processos de FDM e PolyJet para desenvolver e produzir peças como aba da asa traseira, projetada para aumentar a força de arranque sendo produzida com o material ULTEM 1010, uma resina que possui uma alta resistência, também como o suporte de linha hidráulica, produzida pelo processo de FDM com o uso de Nylon reforçado de fibra de carbono. Com a utilização desta tecnologia a fim de acelerar os testes e assim melhorar o desempenho na competição. (Igor Napol, 2017) (Editorial IT Forum 365, 2017) **[L5, L7]**

O Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian, no estado do Mato Grosso do Sul, iniciou no ano de 2020 a utilizar impressora 3D na produção de materiais médico-hospitalares. Efetuando capacitações para o desenvolvimento e produção das peças, com isso em vista viabilizando a produção de órteses e próteses para pacientes da ortopedia pediátrica, aumentar a eficiência do planejamento cirúrgico, do ensino e das pesquisas. (gov.com, 2020) **[L8]**

Durante a pandemia do covid-19, o médico Pedro Henrique Moraes criou o Movimento Brasília Maior que Covid-19 que incentivava a doação de equipamentos de proteção individual (EPIs), muitos voluntários auxiliaram na produção de máscaras face shields através da tecnologia de impressão 3D, assim ajudando a evitar a contaminação dos profissionais da saúde pela covid-19. (Alan Rios, 2020) **[L9]**

Nas áreas de engenharia civil e arquitetura as empresas estão usando a impressão 3d devido a facilidade no planejamento, organização, redução nos custos e o tempo de produção que vão desde a construção de maquetes impressas em escala reduzida, até a construção da estrutura em tamanho real impressa no local, como é o caso da empresa Apis Cor, uma empresa russa que imprimiu pela primeira vez uma casa em 24 horas em 2017, com 37 metros quadrados e custando em torno US\$ 10 mil, a residência conta com um corredor, um banheiro, sala de estar e cozinha, construído em uma das instalações da própria companhia, hoje existem outras empresas que constroem casas desse tipo e no mesmo prazo, como a empresa Icon com sede em Austin, Texas, EUA. (Chris Palmer, 2020).

A utilização da impressão 3D na industrial de calçados se tornará uma indústria de US\$ 6,3 bilhões em uma década, tornando-se o maior segmento de consumo de impressão 3D até 2029. Esta tecnologia está sendo utilizada na produção da camada da entressola, que se localiza entre a sola e o calçado superior, responsável pelo amortecimento dos impactos. O material utilizado para essas impressões é a resina com o intuito de apresentar uma melhor divisão e absorção de massa, reduz o peso do sapato e fornece maior resistência. O uso dessa tecnologia na industrial apresenta algumas vantagens como uma redução do tempo de lançamento, produção de lotes mais rápido e a utilização de materiais personalizados. (Renato Cunha, 2020).

A empresa Under Armour trouxe para o Brasil o tênis Archtech Futurist, produzido por meio da tecnologia de impressão 3D, que no lançamento possuía o preço de R\$1.800 e no Estados Unidos pelo preço de 300 dólares. (Guilherme Dearo, 2017)

2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Com a ampla aplicabilidade da impressão 3D tanto na indústria e tanto no setor educacional apresenta uma grande quantidade de vantagens.

Otimização de tempo de desenvolvimento e produção: A produção de protótipos com a utilização da impressão 3D torna-se mais eficiente em relação aos meios de fabricação tradicionais. Um modelo desenvolvido pode ser produzido em algumas horas assim qualquer mudança necessária pode ser realizada em pouco tempo.

Personalização e Complexidade: A utilização da impressão 3D permite que o protótipo tenha um alto grau de complexibilidade estrutural, como também uma total personalização das peças desenvolvidas pelo projetista com auxílios de programas CAD, sendo que não afetará os custos de produção.

Redução de custos: A fabricação por adição de material permite que um produto seja produzido de acordo com o sistema Just In Time, numa tradução livre “Na hora certa” ou JIT, na qual tem a filosofia de produzir na quantidade necessária para suprir a demanda. Com esse sistema é possível ter uma margem de manobra menor sem a necessidade de estoque.

Sustentabilidade e desperdício: Com utilização da Impressão 3D há uma redução da quantidade de material desperdício ou não utilizável, isso torna possível por causa que a impressão 3D deposita material na quantidade necessária. Como também é possível a utilização de materiais biodegradáveis podendo citar como um desses materiais o filamento de PLA um dos mais utilizado para impressão 3D com tecnologia FDM.

Redução de risco: A utilização da impressão 3D reduz o risco de acidente durante a operação devido ao fato do seu funcionamento ser automatizado e os processos de acabamento não necessitam de equipamentos de porte elevado, como também necessita de poucos operadores. Com o somatório desses fatos a impressão 3D tem um baixo risco de acidentes.

A impressão 3D possui muitas vantagens, contudo essa tecnologia apresenta também algumas desvantagens.

Software específicos: Para o desenvolvimento de projetos autorais utilizada a impressora 3D é necessário um conhecimento básico do software que são utilizados, pode citar alguns exemplos deste software como Solidworks, sketchup, Cura e entre outros. Mas é possível encontrar projetos que já foram desenvolvidos que estão disponíveis em alguns sites como Thingiverse, Free 3D, GrabCAD e entre outros.

Custo de manutenção: A impressora 3D necessita de uma manutenção regular, causa esta não seja realizada poderá ocorrer falhas ou erros durante a impressão. Como também deve se ter uma limpeza do equipamento após o uso.

1. DESENVOLVIMENTO

Este trabalho de conclusão de curso possui como objetivo desenvolvimento e aprimoramento baseado no modelo do dispositivo Ender-5 Plus da empresa Creality, tendo como característica ser um maquinário para grande volume de impressões. Sendo realizado uma procura deste maquinário é possível encontrá-lo com um valor de mercado que varia entre R\$ 4.915 e R\$ 6.327.

O desenvolvimento deste protótipo possui um software funcional e eficiente, ao fato que possibilita uma facilidade na interação com o usuário, elaboramos uma estrutura na qual possui uma boa resistência, um baixo peso e um custo mais baixo.

Foram realizadas pesquisas com o intuito de encontrar os equipamentos necessários que preenchessem as necessidades e especificações que delimitamos para esse protótipo e atendiam com um melhor custo-benefício.

3.1 PLANILHA DE ORÇAMENTO

Material	Quantidade	Preço	Preço Final
Acoplamento Flexível Modelo 25x30mm Furos 5mm X 8mm	2	R\$ 57,90	R\$ 115,80
Cabo Fio 2,5 Mm² Para Alta Temperatura 400°C	1	R\$ 38,49	R\$ 38,49
Cantoneira Alumínio Para Perfil Estrutural 90º	32	R\$ 1,50	R\$ 48,00
Castanha TR8 Passo 8mm em Metal	2	R\$ 19,52	R\$ 39,04
Cooler Fan Para Gabinete 120mm X 120mm	2	R\$ 19,90	R\$ 39,80
Correia Gt2 6mm Impressora 3d Ender Cr-10 Longer Bluer B1	1	R\$ 59,00	R\$ 59,00
Display 1684 Lcd	1	R\$ 126,76	R\$ 126,76
Extrusora Mk8 P/ Ender	1	R\$ 84,00	R\$ 84,00
Fonte de 12v 500w	1	R\$ 189,00	R\$ 189,00
Fuso TR8 passo de 8mm	2	R\$ 87,78	R\$ 175,56
Guia linear 8mm	5	R\$ 32,00	R\$ 160,00
Kit de conectores kk 6, 5, 4, 3 e 2 vias	2	R\$ 14,00	R\$ 28,00
Mesa Aquecida 12v 330x330	1	R\$ 177,00	R\$ 177,00
Micro Chave Fim De Curso Kw12 Endstop Switch Imp 3d E Cnc	4	R\$ 3,49	R\$ 13,95
Motor de passo Nema 5kg 17	5	R\$ 88,40	R\$ 442,00
Perfil De Alumínio 20x20 V-slot 1m (perfil de alumínio simples)	4	R\$ 62,00	R\$ 248,00
Perfil De Alumínio 20x40 V-slot 1m (perfil de alumínio duplo)	3	R\$ 73,00	R\$ 219,00
Placa Zonestar ZM3E4 V1.0	1	R\$ 379,00	R\$ 379,00
Placa de fenolite	1	R\$ 2,13	R\$ 2,13
Polia Gt2 20 Dentes Alumínio Furo 5mm Correia 6mm	4	R\$ 26,50	R\$ 106,00
Polícarbonato Cristal Transparente Compacto 1 Mt X 50 Cm 2mm	1	R\$ 120,00	R\$ 120,00
Porca T Martelo P/ Perfil Canal	100	R\$ 0,94	R\$ 94,00
Rolamento Linear LmkBuu Com Flange Para Eixo Guia. De 8mm	4	R\$ 30,00	R\$ 120,00
Roldana polia V-slot	12	R\$ 10,78	R\$ 129,38
Sensor Indutivo Npn De Proximidade Sn04-n	1	R\$ 54,90	R\$ 54,90
Suporte Em Alumínio Para Eixo Guia Linear 8mm	4	R\$ 15,00	R\$ 60,00

Figura 1 - Planilha de orçamento do projeto da impressora 3D

3.2. ETAPAS DA PRODUÇÃO

A confecção da impressora 3D foi separada em algumas etapas com o intuito de facilitar a elaboração do projeto e organizar a linha de raciocínio para não houvesse contratempos.

3.2.1. ESTRUTURAS

A estrutura da impressora foi confeccionada com a utilização de dois tipos de perfis de alumínio com V-slot, tendo um do tipo uma seção de 20 por 20 mm, na qual nomeamos de única, e a outra 20 por 40 mm, na qual nomeamos de dupla. Estes perfis foram escolhidos pois apresentava características

como robustez e leveza, como também apresentava um designer de V-slot a qual permitiria a fixação sem a necessidade de perfurar o perfil. Há necessidade dos perfis com diferentes dimensionamentos diferentes para facilitar a acomodação dos demais itens. Para a fixação da estrutura foi utilizado cantoneiras de alumínio de 90° que foram fixados com o auxílio da porca T, assim permitindo anexar facilmente a estrutura.

Para a estrutura superior foi realizado o seccionamento dos perfis de alumínio duplo duas peças com o comprimento de 500 mm, do seccionamento do perfil de alumínio simples duas peças com o comprimento de 500 mm. Após o seccionamento teve início a confecção.

Com os perfis de alumínio foi montada a estrutura superior, logo em seguida utilizando o perfil duplo com a seção retangular na vertical para permitir a instalação do sistema de movimentação do eixo x e do eixo z.

A estrutura inferior construída seguindo com referência o dimensionamento da estrutura superior para que se mantivesse a estabilidade e precisão na impressão. Ocorreu o seccionamento dos perfis de alumínio duplo em duas peças com o comprimento de 490 mm, do seccionamento do perfil de alumínio simples duas peças com o comprimento de 425 mm.

A estrutura vertical confeccionada com quatro perfis de alumínio simples com o comprimento de 530 mm fixado com cantoneira nas estruturas superior e inferior.

3.2.2. SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO

O sistema de movimentação da impressora 3D é composto em três eixos, eixo x, eixo y e eixo z. Para a movimentação do eixo x é foi impresso duas peças para alocar as roldanas e a correia, a movimentação deste conjunto se dá através do uso de um motor de passo Nema 17 que está ligando em um guia de 8 mm com o comprimento de 500 mm, para permitir uma movimentação uniforme, sendo conectada a duas polias para permitir o uso das correias usando o parte superior do perfil de alumínio duplo da estrutura superior como trilho.

A movimentação do eixo y ou da extrusora, acontece devido a alocação das roldanas e da correia sobre um trilho, no qual se trata de um perfil de alumínio com a seção quadrada de 20 mm com o comprimento de 500 mm, que é movido por um motor de passo acoplado em uma das peças que foram impressas para a movimentação do eixo x.

A movimentação do eixo que representa a movimentação da mesa aquecida, utiliza de dois motores de passo conectados aos fusos TR8 de 8 mm de passo, para que haja uma estabilidade e conformidade na movimentação. A estrutura da mesa está conectada aos fusos por meio de do uso da castanha TR8, que consiste em uma peça metálica que possui uma rosca interna para anexar-se ao fuso e cavidades com o propósito de fixar a estrutura da mesa, como também a mesa está apoiada a quatro guias, que foram fixadas na estrutura superior e inferior da impressora por meio de suportes e na estrutura da mesa por meio rolamento linear, possuindo assim uma maior estabilidade.

3.2.3. SISTEMA ELETRÔNICO

O sistema eletrônico da impressora 3D apresenta uma mesa aquecida que possui com a dimensão quadrada de 310 mm e embutida nela um sensor de temperatura que irá informar a temperatura da mesa para a placa controladora, o aquecimento da mesa permite uma melhor fixação do material depositado sobre a mesa. Sendo também apresenta uma extrusora MK8 que possui apenas um bico extrusor e um sensor temperatura embutido, sendo responsável pelo aquecimento do filamento, anexado ao extrusor através de um duto plástico um motor de passo que é responsável por direcionar o filamento presente no carretel.

Os sensores responsáveis por limitar o movimento dos eixos são o sensor Kw12 Endstop switch responsável pelos eixos x e y e para o eixo z o sensor responsável é o um sensor indutivo NPN de proximidade sn04-n. Os sensores de proximidade e de temperatura se comunicam com a placa controladora de 32 bits, que irá controlar a movimentação dos motores, o aquecimento da mesa e do bico extrusor com isso possibilita a gestão e processamento dos arquivos para permitir a impressão 3D. A fim de facilitar a operação da impressora um display de Lcd irá funcionar como interface do sistema. Uma fonte alimentadora de 12 V assim permitindo o funcionamento da impressora, tornou-se necessário para ajudar ao controle da temperatura da placa controladora e da fonte colocadas na parte inferior da impressora o uso de dois coolers, com isso permitindo o fluxo de ar.

3.2.4. PROGRAMAÇÃO

Subsequentemente à confecção da estrutura e instalação dos componentes eletrônicos da impressora, foi utilizado o software de programação Visual Studio Code, VSCode, é um editor de código aberto desenvolvido pela Microsoft. Foi adquirido a programação Z8 ZONESTAR 3D printer como uma base de programação, foi necessário realizar algumas alterações neste programa.

Visual Studio Code possui muitas funcionalidades para edição de códigos com suporte a várias linguagens de programação e conta com uma enorme coleção de extensões. Devido ao software apresentar uma interface amigável e de fácil manuseio, sendo o mais indicado para o nosso projeto, pois possui total compatibilidade com a extensão PlatformIO e o firmware Marlin. para utilizando a linguagem C.

O firmware é um software no dispositivo de hardware que executa funções como tarefas básicas de entrada/saída e oferece as instruções necessárias para que o dispositivo se comunique com outros. (KOVACS, 2022)

O firmware Marlin instalado na placa mãe Placa Zonestar ZM3E4 V1.0 de 32 bits e ligado a impressora é capaz de gerenciar e coordenar todo o hardware para impressão, mas para isso é necessário antes realizar ajustes e configurações para calibração para o nosso modelo de impressora.

Os ajustes no firmware para o projeto desta impressora foram separados por etapas.

- A primeira etapa foi a alteração do nome do autor, a versão do firmware, a identificação da placa controladora Zonestar para possibilitar a liberado todos os recursos disponíveis e a foi selecionado o tipo de fonte utilizada, sendo o nosso modelo uma ATX.
- A segunda etapa foi inserida através da função `CUSTOM_MACHINE_NAME`, que é a função que exibe o nome de impressora no display, sendo este colocado como D2MG.
- A terceira etapa foi configurado a quantidade de bicos de extrusão, na qual neste projeto só apresenta um e através da função `DEFAULT_NOMINAL_FILAMENT_DIA`, que determina o diâmetro do filamento de impressão, sendo 1.75 mm.
- A quarta etapa consiste na configuração do termistor, que é um sensor semicondutor que possui uma sensibilidade à temperatura, se tornando possível medir a temperatura e pode ser utilizado como proteção contra sobreaquecimento, onde pode-se limitar a corrente elétrica para que uma determinada temperatura não seja ultrapassada, tanto para o bico do extrusor quanto para mesa aquecida, então foi definido que a temperatura do bico de extrusão teria uma temperatura máxima de 230°C e a mesa aquecida teria uma temperatura máxima de 120°C esses parâmetros foram determinamos de acordo com a temperatura de operação do ABS.
- A quinta etapa consiste em determinar o mínimo e o máximo de cada eixo, o mínimo sendo determinado pelo sensor e o máximo sendo calculado em relação ao mínimo.
- A sexta etapa é configurado do passo por milímetro de cada eixo, no entanto para ser ajustado deve-se levar em consideração correia, fuso e o Servo motor, configurar o tamanho da área de impressão da mesa com 300 por 300 mm com uma altura máxima de 300 mm.
- Como etapa final foram habilitadas as funções de proteção, `THERMAL_PROTECTION_HOTENDS` e o `THERMAL_PROTECTION_BED`, essas funções permitem que o sistema identifique se existe

alguma falha no termistor, e se existir irá efetuar o desligamento da impressora para evitar algum tipo de incêndio ou acidentes.

Após todas as alterações o programa foi salvo em um cartão SD para que possa ser implementado na impressora.

3.3. IMAGENS REFERENTES AO PROJETO

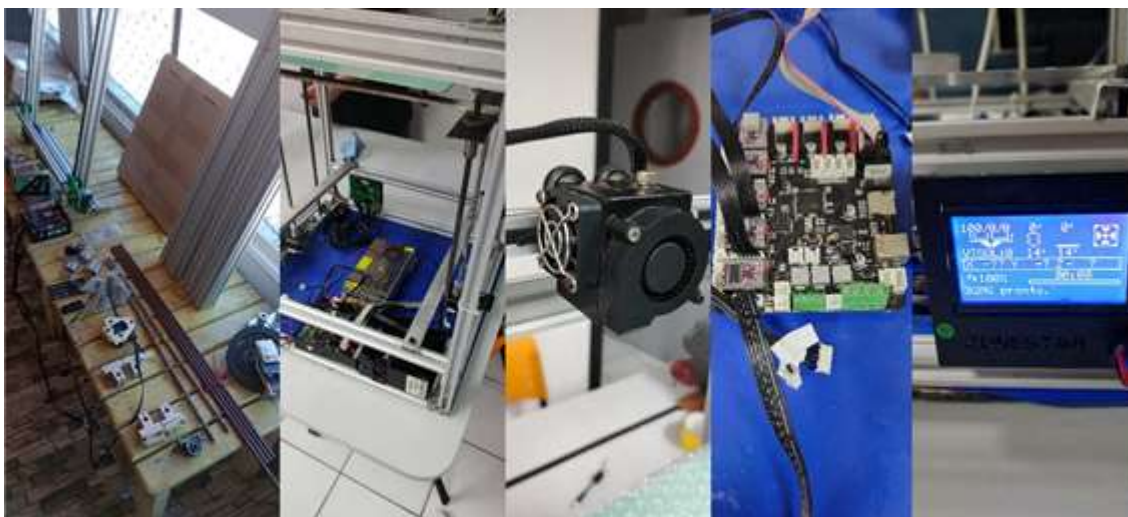


Figura 1 - Componentes da Impressora 3D

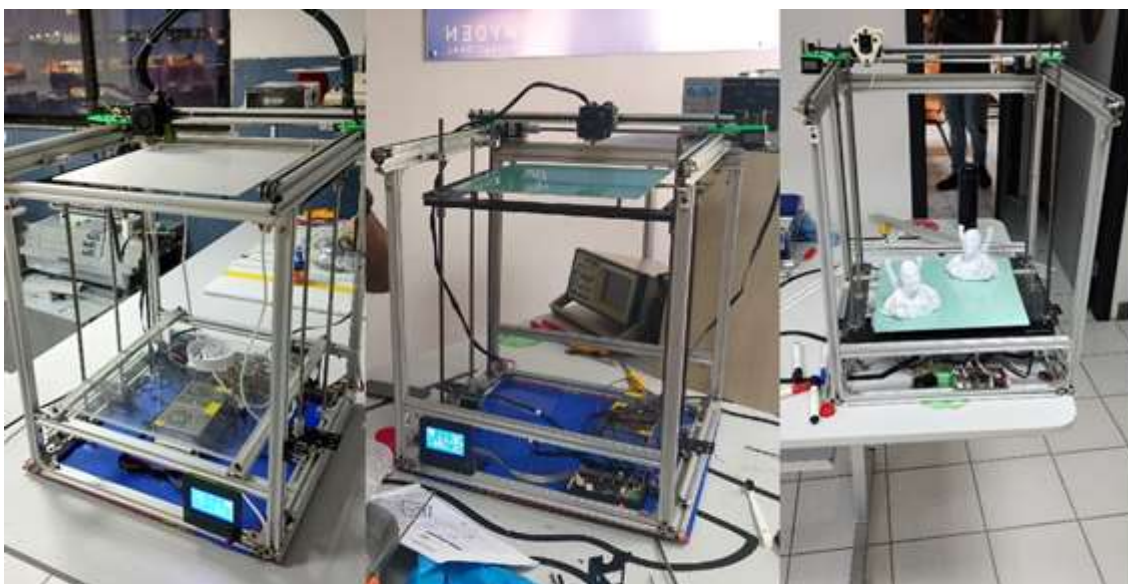


Figura 1 - Evolução do desenvolvimento e construção do projeto

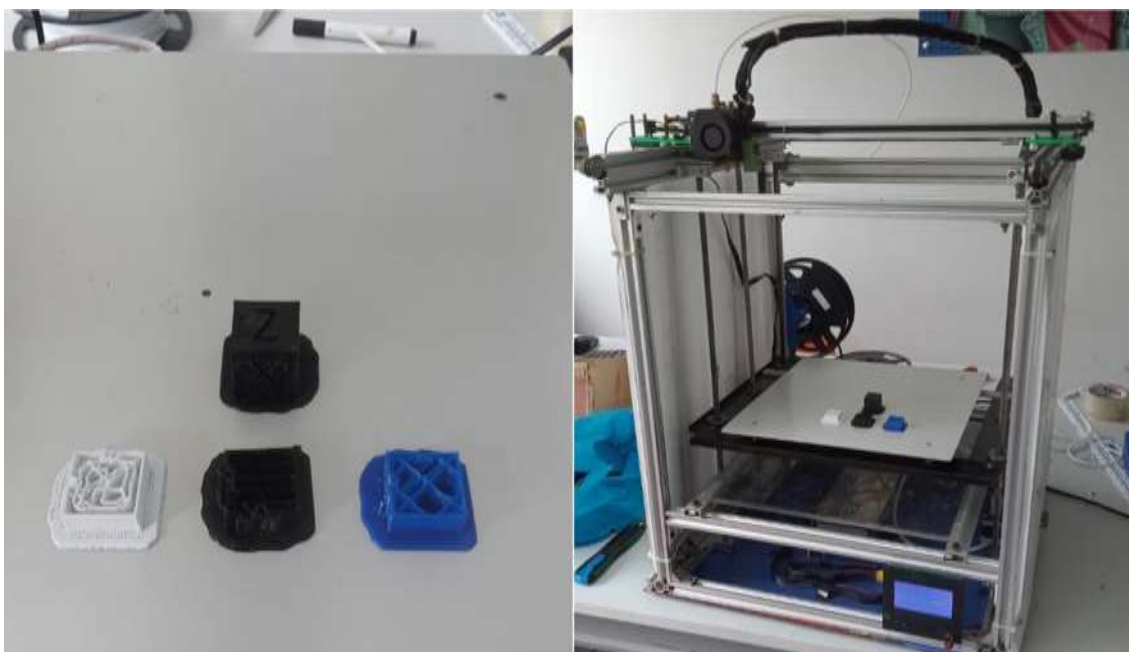
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Resultados obtidos acerca de impressões para testes de parâmetros.

3.4. ANÁLISE DOS DADOS

Aqui você vai de fato apresentar todos os dados tratados que você coletou e expando a sua opinião sobre os resultados. Você deve ser bem crítico e analítico. Evitar deixar lacunas sem respostas - Vários parágrafos, a quantidade quem decidirá é você diante material que você for apresentar da empresa que está estudando.

Contando com uma mesa aquecida, o protótipo abrange diversos tipos de filamento devido ao alto nível de temperatura que pode atingir. Realizamos testes de impressão e preenchimento em diversos tipos de filamento utilizando um modelo STL chamado de cubo de calibragem para observar como o protótipo sem sairia em impressões de aspectos diversos.



Podemos observar que mesmo com as variedades de materiais utilizados obtivemos ótimos resultados precisando somente realizar pequenas alterações no software utilizado no maquinário. Um grande diferencial é a sua área de impressão de 300 mm³ que possibilita a impressão de completa dos projetos STL por conta do seu grande espaçamento.

4. CONCLUSÃO

Apesar de todas as vantagens e funcionalidades dos processos de fabricação de manufatura aditiva a tecnologia não avança tão rápido quanto poderia, ramos como o da construção civil ainda se prendem métodos artesanais por simples tradicionalismo. O entendimento dos processos de fabricação tridimensionais de baixo custo e de sua montagem tem como maior objetivo quebrar as barreiras

financeiras e preconceituais que os inviabilizam, a tecnologia de manufatura aditiva se tornou acessível. O protótipo desenvolvido contribui reforçando a proposta de que, com R\$ 3.268,81 é possível construir um maquinário com qualidade de impressão suficiente para produzir objetos para o uso cotidiano, para apresentações e modelos de estudo. A construção desse protótipo evidenciou que qualquer estudante tem a possibilidade de fabricar sua própria máquina, com materiais comprados em lojas de ferragens, eletrônica e alguns componentes próprios para dispositivos de impressão 3d que podem ser facilmente encontrados em sites de vendas na internet.

A atividade proposta era demonstrar as vantagens e desvantagens dos processos de manufatura aditiva e elaborar e construir um protótipo funcional baseado na Ender-5 Plus da empresa Creality, com um menor valor de mercado que atendessem a todas as especificações desejadas e o nosso objetivo foi alcançado. Com um baixo valor de custo o nosso protótipo conta com uma área de impressão de 300 mm³, extrusora de que conecta até 3 tipos de filamentos ao mesmo tempo e mesa aquecida que permite a impressão em diversos tipos de filamento por 51.65 % do valor de mercado da Ender-5 Plus.

Os processos de fabricação tridimensional são o futuro para diversas áreas e o avanço dessa tecnologia é de extrema importância, desde souvenirs a um coração funcional, suas aplicações são infindáveis e irão melhorar a vida de todos.

5. REFERÊNCIAS

SRINIVASAN, D.; et al. Printing Manufacturing Techniques, Materials, and Applications: An Overview. Hindawi, 2021.

STOCCO, T. D.; et al. Utilização de membros protéticos fabricados a partir de impressão 3D para amputados. Portal Regional da BVS, 2020.

MOREIRA, J. P. de A.; et al. A impressão 3D na Medicina Dentária. Repositório científico da UC, 2017.

SANT'ANA, E.; et al. Cirurgia ortognática de modelos: protocolo para mandíbula. Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial, 2008.

STRALIOTTO, J. C. A.; et al. Impressora 3D como ferramenta pedagógica: confecção e aplicação das peças neuroanatômicas. Brazilian Journal of Development, 2021.

SOUZA, T. de A.; et al. O uso da prototipagem por impressão 3d e seus benefícios na engenharia mecânica para indústria ou graduação. Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula, 2020.

Zier, A. F.; et al. Estudo da prototipagem rápida por meio da impressão 3d e seu efeito na redução de custos e prazos dos projetos de produto. Memorial TCC – Caderno da Graduação, 2019.

Santana, L.; et al. Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica. Scielo, 2018.

Matozinhos, I. P.; et al. Impressão 3D: Inovações no campo da medicina. Revista interdisciplinar ciências médicas – MG, 2017. G. C. Ferreira et al. Utilização da impressão 3D na manufatura para a otimização de processos: um estudo de caso em indústrias automobilísticas. Memorial TCC – Caderno da Graduação, 2016.

LOUREDO, L. da M; et al. Use of rapid prototyping or additive manufacturing for clinical case studies and surgical technique planning using 3D models. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20403>, Acesso em: 18 de out. de 2022.

CARREIRA, A. da S; et al. A utilização e aplicação da impressora 3d na área de saúde. Disponível em: <https://www.periodicorease.pro.br/rease/article/view/6896>, Acesso em: 19 de out. de 2022.

FERIOTTI, Marco Aurélio; et al. A Aplicações Da Manufatura Aditiva e impressão 3d Na Fabricação De Moldes Para Injeção De Termoplásticos. Disponível em:

< <https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/34567/23979>>, Acesso em: 19 de out. de 2022.

BETIN, Thamires Antunes. Impressão 3D Aplicada Na Fabricação Bonecos Personalizados, Bonecos Colecionáveis e Bonecos Articulados. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/19334>>, Acesso em: 21 de out. de 2022.

ARAUJO, E. P. B. VOID3D: Impressora 3D de baixo custo. Disponível em:

<https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/26477/1/VOID3DImpressora3D_Ara%C3%BAjo_2018.pdf>, Acesso em: 21 de out. de 2022.

Automotive Business. Volkswagen é a 1ª a usar peças de metal impressas em 3D. Disponível em: < <https://www.automotivebusiness.com.br/pt/posts/noticias/volkswagen-e-a-1a-a-usar-pecas-de-metalimpressas3d/#:~:text=A%20Volkswagen%20é%20o%20primeiro,metálico%20utilizado%20com o%20matéria-prima> >, Acesso em: 27 de out. 2022.

Itforum. McLaren F1 Racing adota manufatura aditiva da Stratasys para melhorar desempenho dos carros em 2017. Disponível em: < <https://itforum.com.br/noticias/mclaren-formula-1-racing-adota-manufatura-aditiva-da-stratasys-para-melhorar-desempenho-dos-carros-em-2017/> >, Acesso em: 25 de out. 2022.

Correio Braziliense. Voluntários criam materiais hospitalares, como máscaras, em impressora 3D. Disponível em: < https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2020/03/24/interna_cidadesdf,836219/voluntarios-criam-materiais-hospitalares-como-mascaras-em-impressora.shtml >, Acesso em: 14 de set. de 2022.

Engineering. Development of Additive Manufacturing Technology and Industry in China. Disponível em: < <https://www.engineering.org.cn/en/article/35036/detail> >, Acesso em: 27 de out. de 2022.

tecmundo. Equipe de F1 vai usar impressora 3D para fazer peças de teste mais rápido. Disponível em: < <https://www.tecmundo.com.br/mclaren/116243-equipe-f1-usar-impressora-3d-fazer-pecas-teste-rapido.htm> >, Acesso em: 25 de out. 2022.

gov.br. Hospital Universitário do MS inicia projeto para fazer órteses e próteses em impressora 3D. Disponível em: < <https://www.gov.br/ebserh/pt-br/comunicacao/noticias/hospital-universitario-do-ms-inicia-projeto-para-fazer-ortes-es-e-proteses-em-impressora-3d> >, Acesso em: 20 de out. 2022.

Stylourbano. Calçados impressos em 3D serão uma indústria de US\$ 6,3 bilhões em uma década. Disponível em: < <https://www.stylourbano.com.br/calcados-impressos-em-3d-serao-uma-industria-de-us-63-bilhoes-em-uma-decada/> >, Acesso em: 26 de out. de 2020.

Exame. Under Armour vende 1º tênis feito com impressora 3D no Brasil. Disponível em: < <https://exame.com/marketing/under-armour-vende-tenis-3d-brasil/> >, Acesso em: 26 de out. de 2020.

LEI, Wang; BINGHENG, Lu. Development of Additive Manufacturing Technology and Industry in China. Disponível em: < <https://www.engineering.org.cn/en/article/35036/detail> >, Acesso em: 27 de out. de 2022.

k2go. Principais tecnologias de impressão 3D. Disponível em:

< <https://www.k2go.com.br/comunidade/impressao-3d/principais-tecnologias-de-impressao-3d> > ,

Acesso em: 27 de out. de 2022. 3dilla. Sinterização Direta de Metal a Laser: a tecnologia. Disponível em:

< <https://pt.3dilla.com/impressora-3d/dmls/> >, Acesso em: 24 de out. de 2022. Ilt.fraunhofer. Laser Powder Bed Fusion. Disponível em:

< <https://www.ilt.fraunhofer.de/en/technology-focus/additive-manufacturing/laser-powder-bed-fusion.html> >, Acesso em: 19 de out. de 2022.

Capítulo 3



10.37423/230607910

CLASSIFICADOR DE IMAGENS TERMOGRÁFICAS USANDO TRANSFERÊNCIA DE APRENDIZAGEM

Fausto Oliveira e Silva

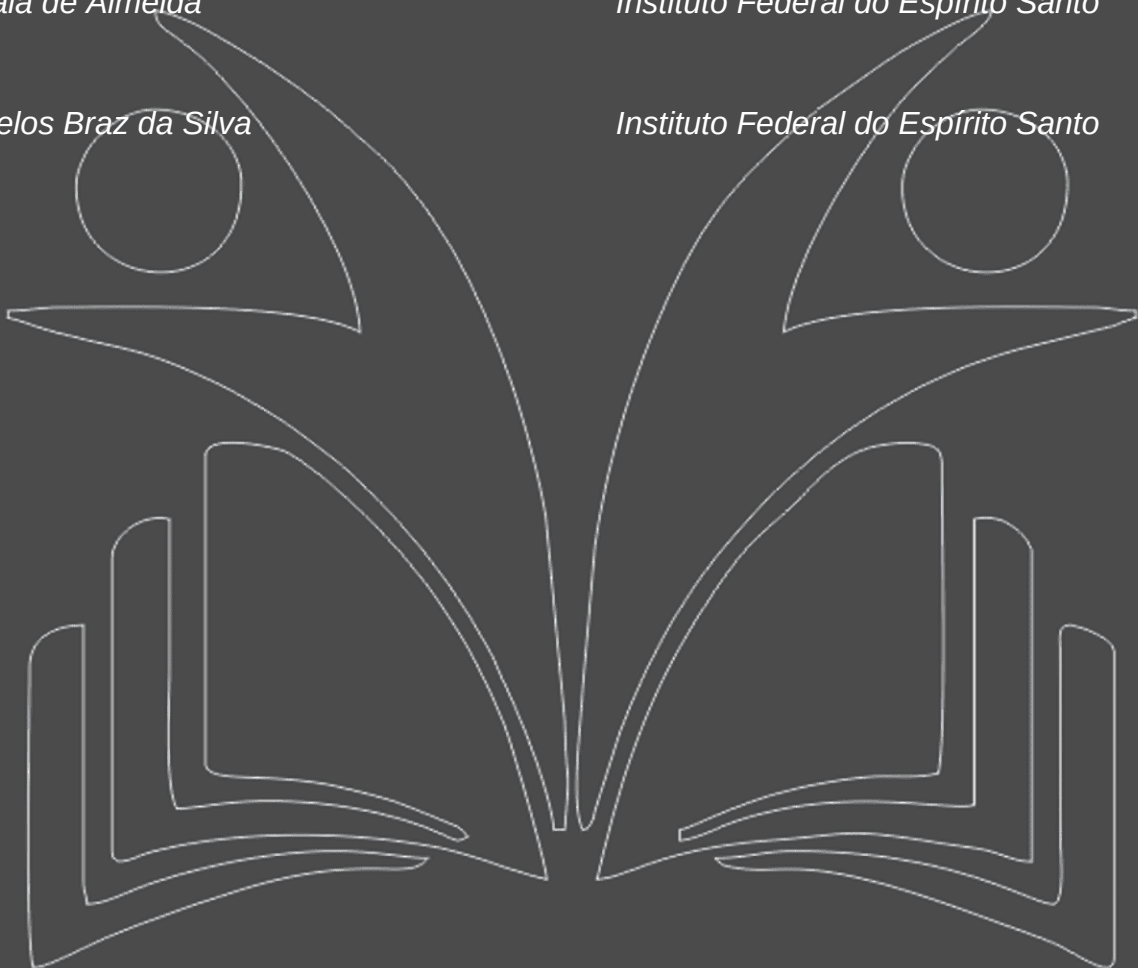
Instituto Federal do Espírito Santo

Gustavo Maia de Almeida

Instituto Federal do Espírito Santo

Flavio Barcelos Braz da Silva

Instituto Federal do Espírito Santo



Resumo O presente trabalho propõe desenvolver uma ferramenta para classificar imagens geradas a partir de inspeções termográficas em equipamentos elétricos. A proposta é classificar a situação dos equipamentos como normal e crítica. Para o desenvolvimento desse classificador foram utilizadas técnicas de transferência de aprendizagem utilizando redes neurais convolucionais já treinadas e de reconhecimento no ambiente da inteligência artificial. Essas redes estão sendo utilizadas em diversas aplicações que envolvem a classificação de imagens. Por fim, o trabalho apresenta uma comparação de uma rede neural convolu

1 INTRODUÇÃO

A manutenção elétrica tem evoluído bastante nos últimos anos principalmente quando se trata de manutenção preditiva, pois ela avalia o estado real dos equipamentos, recorrendo, para isto, a equipamentos específicos, tendo por finalidade ajustar o planejamento da manutenção preventiva, detectar precocemente possíveis falhas, evitar o surgimento de problemas e contribuir na tomada de decisões com base em dados reais (CAMPOS, 2010).

Nesse contexto as principais técnicas de manutenção preditiva tais como: análise de vibração,

Análise de óleos, aplicação de ultrassons, detecção de fugas e termografia, trazem o benefício de se tirar o melhor aproveitamento dos equipamentos sem correr o risco de uma parada inesperada para correção de defeitos.

A termografia de painéis elétricos, transformadores e motores elétricos vem se destacando como uma grande ferramenta de manutenção preditiva permitindo o reconhecimento precoce de falhas diminuindo o tempo de inatividade de sistemas, custos de manutenção e evitando quebras desastrosas (BAGAVATHIAPPAN et al., 2013) e indicando o momento certo de atuar nesses equipamentos, detectando falhas, melhorando sua confiabilidade, garantindo uma maior integridade e diminuindo os custos de manutenção. Ela se transformou em uma inovação vital e poderosa para diagnosticar problemas internos e externos, observando o estado térmico dos equipamentos elétricos, de uma maneira confiável e sem contato, fornecendo dados subjetivos visuais rápidos sobre a confiabilidade do material (CHELLAMUTHU; SEKARAN, 2019). Entre as falhas relacionadas a altas temperaturas em equipamentos podem-se citar: mau contato, sobrecarga, desalinhamento, falta de lubrificação, enfim, uma variedade de falhas que, sendo identificadas antes de uma parada definitiva do equipamento proporcionarão um ganho na atividade de manutenção.

Um sobreaquecimento em um equipamento ou instalação elétrica pode ser facilmente identificado conforme pode ser visto na Figura 1.

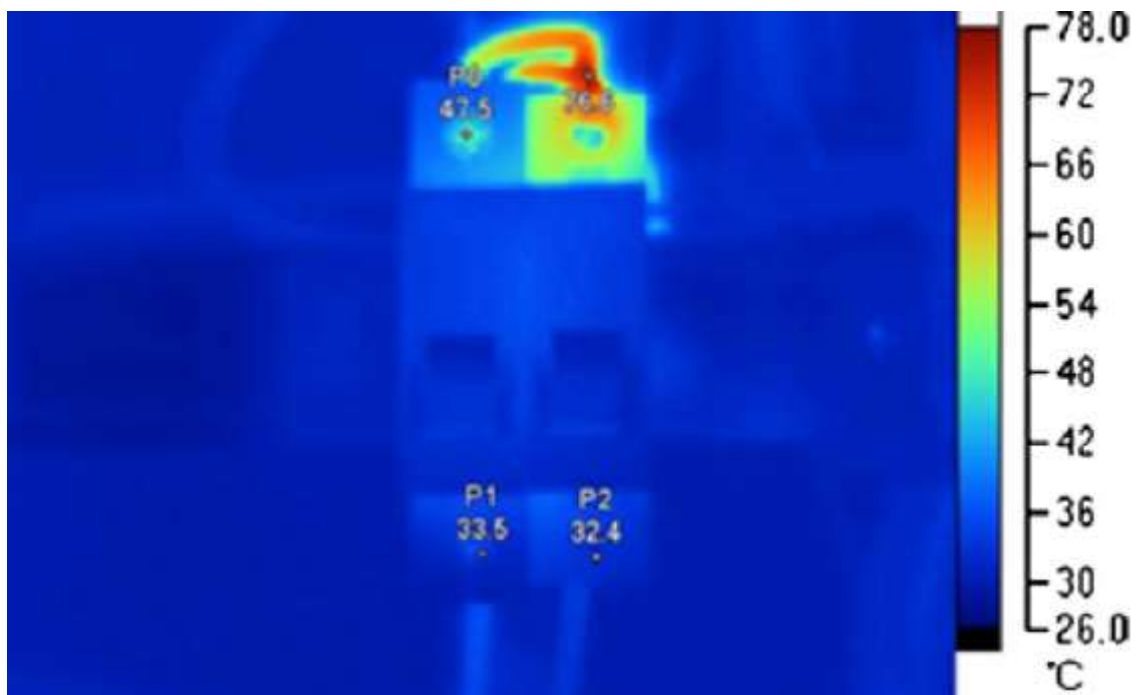


Figura 1: Termografia indicando sobreaquecimento.

A Figura 1 mostra que no local mais quente a temperatura é maior que 70° C, o que representa um risco à integridade dos cabos que alimentam o disjuntor, podendo ser causa até de um incêndio no local.

A partir desse sobreaquecimento detectado na termografia, uma inspeção no local evidencia a falha, conforme pode ser visto na Figura 2.

A Figura 2 mostra o tipo de falha detectada a partir da inspeção termográfica. Um mau contato na conexão entre o cabo e o disjuntor resultou num sobreaquecimento neste ponto. No entanto, essa situação só foi encontrada após um retorno à instalação, por indicação do relatório da inspeção, que foi elaborado a partir da realização da termografia.

O relatório de inspeção é que informará as diretrizes que o setor de manutenção de uma indústria ou empresa deve seguir para manter de forma íntegra as suas instalações. Nas inspeções termográficas realizadas na indústria de uma forma geral, a quantidade de imagens geradas é elevada, pois existem muitos equipamentos que necessitam passar por esse tipo de avaliação, exigindo um tempo precioso na elaboração do relatório. Neste caso, um classificador que diferencie equipamentos com um risco potencial, daqueles que estão em condições normais proporcionaria um ganho de tempo e agilidade na elaboração do relatório de inspeção.



Figura 2: Identificação da falha.

2 TRABALHOS CORRELATOS

As pesquisas em processamento de imagens, incorporadas a algum tipo de sistema inteligente com o propósito de diagnosticar a condição dos equipamentos elétricos, estiveram em seus estágios iniciais por volta do ano de 2010 (JADIN; TAIB, 2012).

Como o produto de uma inspeção termográfica são imagens, vários estudos estão sendo feitos com o objetivo de usar o processamento digital dessas imagens e os sistemas inteligentes para identificar os equipamentos que apresentam algum tipo de risco por sobreaquecimento e os que estão em condições normais de funcionamento. Um estudo de Ahmed, Huda e Mat Isa (2015) utilizou a transformação das imagens em escala de cinza e em seguida realizou a segmentação destas, obtendo apenas a parte definida como quente. Posteriormente, desenvolveu através da lógica fuzzy seu classificador, inicialmente, com duas situações de saída: normal e com defeito; e posteriormente, com três situações de saída: normal, atenção e crítica. O sistema proposto avaliou automaticamente as condições dos componentes visualizando as anormalidades de componentes elétricos nas condições definidas. O aproveitamento do sistema construído com duas situações de saída ficou em 92,3%, e

com três situações o aproveitamento foi de 80%, demonstrando a viabilidade de se elaborar através da lógica fuzzy um classificador para as imagens obtidas a partir da termografia.

Em outro caso, Huda e Taib (2013) discutiram um sistema de classificação inteligente para as condições dos equipamentos. Nesse estudo, as redes neurais artificiais (RNA) foram utilizadas para classificar as condições térmicas do equipamento em duas classes, nomeadas como normais e defeituosas. O sistema empregava as redes Multilayer Perceptron (MLP) usando os algoritmos de treino Resilient back propagation (RP), Bayesian Regularization (BR), Levenberg-Marquardt (LM) e Scale conjugate gradiente (SCG). As características de entrada para as redes MLP foram avaliadas analisando o desempenho de três conjuntos de características: características de primeira ordem de histograma, características de matriz de ocorrência de níveis de cinza e características de intensidade dos componentes conectados. A acurácia foi de 82,89% na fase de treinamento e 74,25% para a fase de teste, indicando também a viabilidade de se classificar as imagens termográficas através das redes neurais.

Já Mlakić, Nikolovski e Baus (2017) propuseram que a Aprendizagem Profunda (Deep Learning) era um campo novo e digno de nota no aprendizado de máquina, destacando a Rede Neural Convolutacional (CNN).

Ainda Guo et al. (2017) demonstrou o funcionamento das redes convolucionais e suas aplicações, destacando sua importância em tratamento de imagens, classificação, detecção e segmentação a partir de características que essas redes podem extrair para aprender determinados padrões. No entanto, a utilização das CNN exige grandes quantidades de imagens para treinamento que nem sempre estão disponíveis. Porém, essa limitação de imagens pode ser resolvida através das técnicas de Transferência de Aprendizagem, que consiste em usar os dados gerados por uma CNN previamente treinada em um novo classificador para que seja treinado com esses dados ou utilizá-los como entrada para uma próxima camada de classificação.

Na área do Deep Learning, Yosinski et al. (2014) afirmaram que a transferência de aprendizagem ficou ainda mais explorada por conta da capacidade de reutilizar modelos pré-treinados em bases de dados mais abundantes em problemas mais específicos, contornando, assim, a limitação de dados em quantidades expressivas para o treinamento dos modelos.

Desde então, diversos trabalhos foram e continuam sendo realizados utilizando-se dos recursos oferecidos das redes pré-treinadas tornando algumas muito famosas no ambiente do Deep Learning.

Entre as mais conhecidas se destacam a LeNet, AlexNet, VGG-16, ResNet-50, Yolo, Inception, entre outras.

Diante do exposto, o trabalho propõe a utilização da transferência de aprendizagem para classificar imagens termográficas a fim de proporcionar mais facilidade para técnicos e engenheiros que trabalham com manutenção preditiva, tendo como objetivo realizar um comparativo entre três redes: uma elaborada a partir dos conceitos de criação das CNN, chamada nesse trabalho de Alfa, e outras duas pré-treinadas, sendo elas a VGG-16 e a ResNet-50; a fim de se avaliar a eficácia da utilização dessas redes em um conjunto de imagens bem mais específico, como o de termografia de equipamentos elétricos.

3 DESENVOLVIMENTO

Uma CNN é um tipo de rede neural normalmente utilizada para classificação de imagens.

Ela pode ser dividida em duas partes: extração de características e uma rede neural tradicional.

A parte de extração de características é composta por camadas de convolução que possuem funções distintas, mas que permitem um treinamento significativamente mais rápido. A Figura 3 ilustra a composição de uma CNN básica.

Na CNN básica ilustrada na Figura 3 temos a entrada das imagens (Input), seguida das camadas de convolução (Conv), onde são extraídos os mapas de características das imagens a partir de filtros (kernels), que são matrizes que se deslocam por toda a imagem; função de ativação (ReLU) que permite que a CNN detecte e aprenda características não-lineares; pooling (Pool),



Figura 3: Composição de uma CNN básica.

Utilizada para reduzir o tamanho das matrizes resultantes da convolução, porém, mantendo as características mais importantes; e a camada completamente conectada, Fully Connected (FC), onde ocorre o aprendizado dessas características. Por fim, temos a saída das imagens (Output).

A rede Alfa elaborada para a classificação das imagens termográficas possui uma arquitetura bem mais simples que a das redes pré-treinadas VGG-16 e ResNet-50 que foram utilizadas e que serão descritas a seguir.

3.1 ALFA

Toda CNN nova elaborada é dividida em duas partes: extração de características e uma rede neural tradicional. A parte de extração de características é composta por camadas que possuem funções distintas, mas que permitem um treinamento significativamente mais rápido. A rede Alfa que foi utilizada nesse trabalho possui a seguinte estrutura:

- Camada de convolução 1, com 32 mapas de filtros (3 x 3), e função de ativação ReLu;
- Aplicação do MaxPooling 1, com um filtro (2 x 2);
- Camada de convolução 2, com 64 mapas de filtros (3 x 3), e função de
- ativação ReLu;
- Aplicação do MaxPooling 2, com um filtro (2 x 2) Camada de convolução 3, com 128 mapas de filtros (3 x 3) e função de ativação ReLu;
- Aplicação do MaxPooling 3, com um filtro (2 x 2);
- Aplicação do Flatten, para que os dados sejam aplicados a uma rede neural tradicional;
- Aplicação da função Dense para utilização da rede neural tradicional, com função de ativação sigmoid, pois deseja-se na saída um valor binário.

Essa estrutura está ilustrada na Figura 4.

3.2 VGG-16

A Visual Geometry Group (VGG) é um modelo de CNN proposto por K. Simonyan e A. Zisserman, da Universidade de Oxford, no artigo “Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition”. Ela possui variações de 11, 13, 16 e 19 camadas, das quais as três últimas camadas são do tipo totalmente conectadas, com 4096, 4096 e 1000 neurônios, respectivamente, e as primeiras camadas são camadas convolucionais (MIGUEL WANDERLEY; RICARDO PRUDÊNCIO, 2018). A Figura 5 ilustra a arquitetura da VGG-16.

Na Figura 5 podem ser identificadas as diversas camadas de convolução e função de ativação ReLu, max pooling e a fully connected, seguida função softmax utilizada quando se tem mais estados de saída.

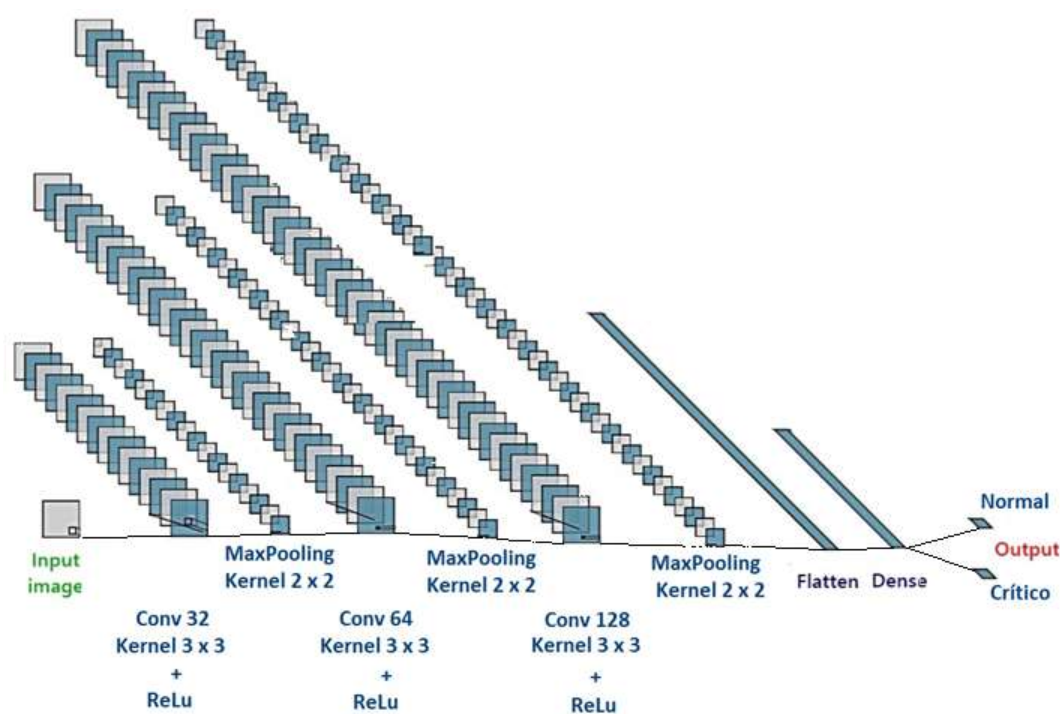


Figura 4: Estrutura da Alfa.

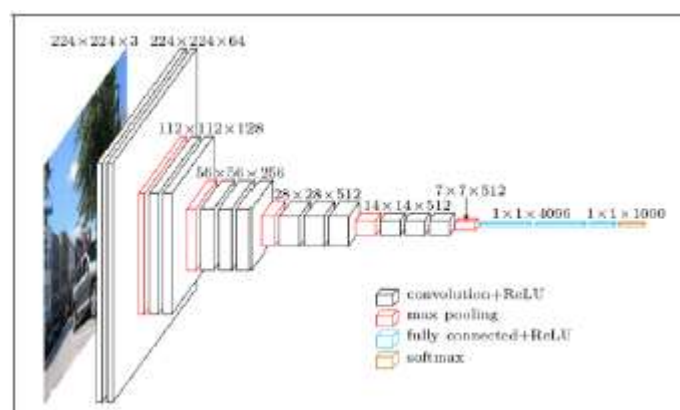


Figura 5: Estrutura da VGG-16.

A VGG-16 foi a rede convolucional vencedora do “ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge” (ILSVRC) em 2014, um concurso anual de Deep Learning que premia as melhores redes utilizadas na classificação e detecção de imagens, e passou a ser bastante referenciada e utilizada desde então.

3.3 RESNET-50

A Residual Network (ResNet) é um modelo de CNN desenvolvida pela Microsoft, sendo apresentada por Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren e Jian Sun no artigo “Deep Residual Learning for Image Recognition”. Ela foi construída por blocos residuais que têm uma entrada x que passa por uma série

de operações de convolução-relu-convolução. O resultado da operação $f(x)$ é adicionado à entrada original x . A Figura 6 ilustra uma parte arquitetura da ResNet-50.

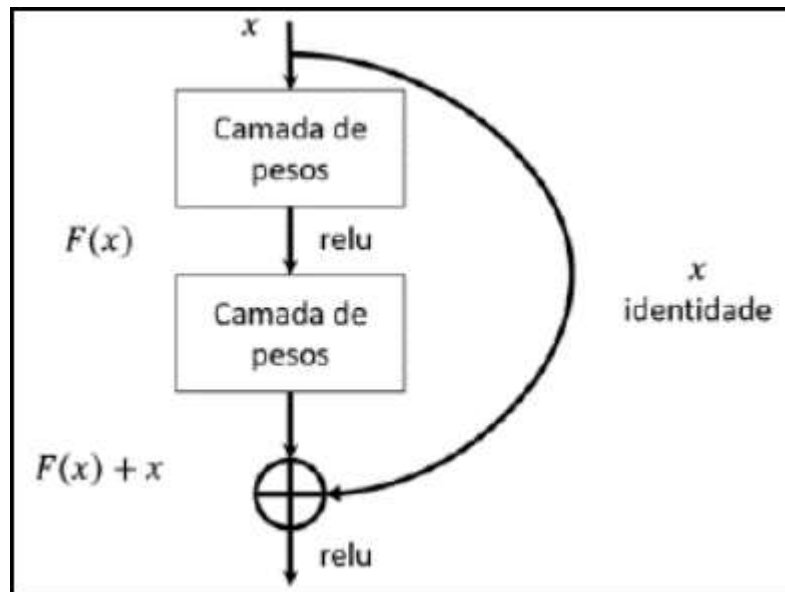


Figura 6: Bloco residual da ResNet-50.

Essas camadas adicionais são o mapeamento de identidade e as outras camadas são copiadas do modelo mais raso aprendido. Esta solução indica que um modelo mais profundo não deve produzir um erro de treinamento maior do que sua versão da rede mais rasa (HE et al., 2016).

A ResNet-50 foi vencedora do ILSRVC de 2015 e também vem sendo amplamente utilizada em trabalhos envolvendo classificação e detecção de imagens através da transferência de aprendizagem.

3.4 IMPLEMENTAÇÃO

As redes VGG-16 e ResNet-50 são redes que foram pré-treinadas a partir do ImageNet, que é um banco de dados de 1000 classes de imagens. Neste trabalho elas foram adaptadas para trabalharem com apenas duas classes, mas aproveitando os pesos alcançados no ImageNet. Essas três CNN passaram pelo mesmo dataset de imagens termográficas, previamente classificado em imagens que apresentam um comportamento térmico normal e em um comportamento térmico crítico. O dataset possui 150 imagens de situação normal e crítica, respectivamente, fazendo um total de 300 imagens para treinamento e 30 imagens de situação normal e crítica para validação, respectivamente, fazendo um total de 60 imagens de validação. Essas imagens são de situações reais encontradas na indústria e do local de trabalho de um dos autores. O particionamento das imagens de treinamento e validação foi feito aleatoriamente, também, por um dos autores do trabalho.

As imagens passaram por um pré-processamento sendo redimensionadas para a escala 150x 150 pixels e pelo aumento de dados, que é uma técnica que faz alterações nas imagens como rotações e ampliações, por exemplo, para aumentar a quantidade de dados de treinamento.

O treinamento foi realizado através da linguagem de programação Python com a biblioteca Keras, sendo executado dentro do ambiente do Google Colaboratory (Colab). Todos os testes foram realizados com os mesmos parâmetros de processamento: batch size = 20, steps per epoch = 10 e epochs = 30. O critério de parada utilizado foi o dropout, sendo testados três valores diferentes e definido o valor que obteve o melhor desempenho nas três redes.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após o treinamento é feita a análise de desempenho. Neste trabalho foram analisadas as métricas de acurácia e log loss de cada rede. Os gráficos mostram o desempenho das CNN tanto na fase de treino e quanto na fase de validação.

4.1 DESEMPENHO DA CNN ALFA

O desempenho utilizando a CNN Alfa foi razoável, devido a simplicidade de sua arquitetura.

Com uma acurácia chegando a 85,0% na 12ª época ela cumpriu o seu objetivo de classificar imagens termográficas. O desempenho de log loss chegou a um valor mínimo de 32,14%. As Figuras 7 (a) e (b) mostra o desempenho dessa rede através dos gráficos de acurácia e log loss.

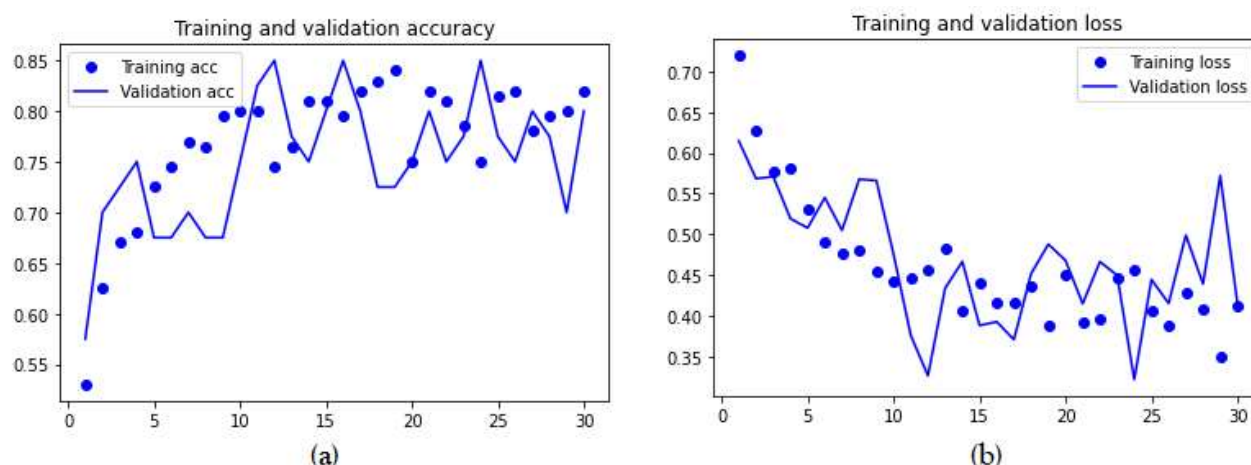


Figura 7: (a) Acurácia e (b) Log loss da CNN Alfa.

Um ajuste nas camadas convolucionais pode melhorar ainda mais o desempenho da CNN Alfa e torná-la especialista em imagens termográficas.

4.2 DESEMPENHO DA CNN VGG-16

O desempenho da VGG-16 foi melhor que o da rede Alfa e com menos variações de amplitude.

O valor máximo de acurácia foi de 100% na 13ª época, mas de uma forma geral a acurácia obteve um bom desempenho. Já os valores log loss tiveram uma maior variação de amplitude e o valor mínimo atingido foi de 2,64%. As Figuras 8 (a) e (b) mostra o desempenho dessa rede através dos gráficos de acurácia e de log loss.

Mesmo sendo pré-treinada em dataset bem maior que o deste trabalho, a VGG-16 demonstrouse versátil sendo aplicada a um dataset menor e com características tão diferentes.

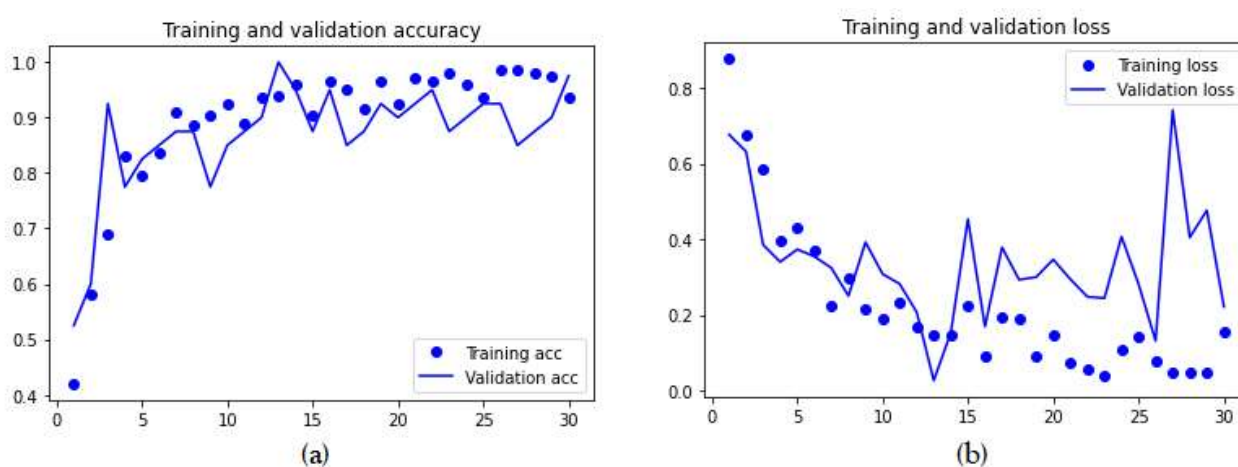


Figura 8: (a) Acurácia e (b) Log loss da CNN VGG-16.

4.3 DESEMPENHO DA CNN RESNET-50

O desempenho da ResNet-50 foi inferior que o das duas redes anteriores. Ele teve uma variação de amplitude menor, mas seu valor máximo de acurácia foi de 62,5% na 13ª época.

Os valores de log loss também foram altos e ficaram acima de 50% sendo que o valor mínimo foi de 63,25% na 23ª época. As figuras 9 (a) e (b) mostra o desempenho dessa rede através dos gráficos de acurácia e da função perda.

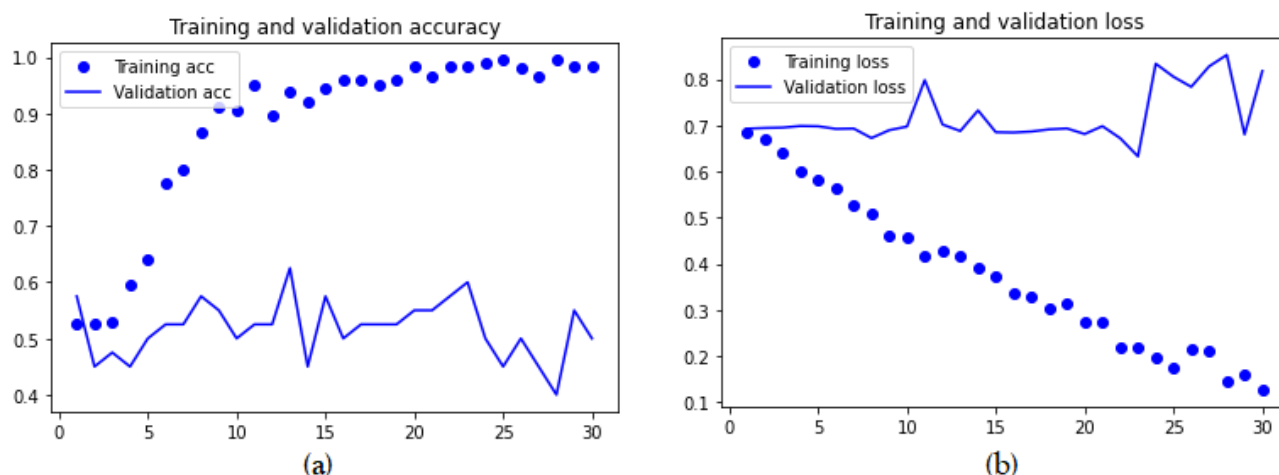


Figura 9: (a) Acurácia e (b) Log loss da CNN ResNet-50.

O desempenho abaixo do esperado com essa rede mostra que nem todas as redes se adaptam bem a todos os tipos de dataset.

4.4 COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DAS REDES

Para uma melhor comparação a Tabela 1 mostra a acurácia das três redes em algumas das 30 épocas do processamento.

Analisando a tabela pode-se ver que o desempenho das redes foi bem diferente e que a Rede VGG-16 obteve o melhor resultado, apresentando um valor de 97.5%, valor esse considerado satisfatório para sua aplicação no problema destacado neste trabalho.

Rede	Épocas					
	05 epc	10 epc	15 epc	20 epc	25 epc	30 epc
Alfa	67,5%	75,0%	80,0%	75,0%	77,5%	80,0%
VGG16	82,5%	85,0%	87,5%	90,0%	92,5%	97,5%
ResNet-50	50,0%	50,0%	57,5%	55,0%	45,0%	50,0%

Tabela 1: Desempenho das CNN.

5 CONCLUSÃO

A aplicação da transferência de aprendizagem com o objetivo de classificar as condições de funcionamento dos equipamentos através da termografia foi a proposta desse estudo. Foram utilizadas três redes neurais convolucionais diferentes, uma elaborada a partir do zero e as outras duas são redes conhecidas e que serviram para a realização da transferência de aprendizagem.

Assim, o trabalho proposto mostra que é possível de se utilizar a transferência de aprendizagem na classificação de imagens termográficas de painéis elétricos e confirma a versatilidade da utilização de pesos já treinados em outros tipos de dataset, mesmo as imagens termográficas possuindo um estilo diferente das imagens utilizadas nas redes aqui testadas. O desempenho das redes já treinadas pode ser melhor se for aplicado a um dataset com maior número de imagens, pois estas foram treinadas com uma quantidade de imagens bem superior ao dataset utilizado.

Fica como proposta para trabalhos futuros a aplicação de uma rede neural convolucional específica para um dataset de imagens termográficas, de forma que sejam utilizados as convolações que melhor se adequam a esse tipo de imagem.

REFERÊNCIAS

AHMED, Md. Manjur; HUDA, A.S.N.; MAT ISA, Nor Ashidi. Recursive construction of output-context fuzzy systems for the condition monitoring of electrical hotspots based on infrared thermography. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, v. 39, p. 120–131, 2015.

ISSN 0952-1976. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2014.11.010>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0952197614002826>.

BAGAVATHIAPPAN, S. et al. Infrared thermography for condition monitoring – A review. *Infrared*

Physics & Technology, v. 60, p. 35–55, 2013. ISSN 1350-4495. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.infrared.2013.03.006>. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350449513000327>.

CAMPOS, D. C. M. P. Implementação de Técnicas e Ferramentas Para Manutenção Preditiva na Colep. 2010. Diss. (Mestrado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/61283>.

CHELLAMUTHU, Shanmugam; SEKARAN, E. Chandira. Fault detection in electrical equipment's images by using optimal features with deep learning classifier. *Multimedia Tools and Applications*, v. 78, n. 19, p. 27333–27350, 2019. DOI: 10.1007/s11042-019-07847-z. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/s11042-019-07847-z>.

GUO, T. et al. Simple convolutional neural network on image classification. In: 2017 IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA). [S.l.: s.n.], 2017. p. 721–724. DOI:

10.1109/ICBDA.2017.8078730.

HE, K. et al. Deep Residual Learning for Image Recognition. In: 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). [S.l.: s.n.], 2016. p. 770–778. DOI: 10.1109/CVPR.2016.90.

HUDA, A.S.N.; TAIB, S. Suitable features selection for monitoring thermal condition of electrical equipment using infrared thermography. *Infrared Physics & Technology*, v. 61, p. 184–191,

2013. ISSN 1350-4495. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2013.04.012>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350449513001540>.

JADIN, Mohd Shawal; TAIB, Soib. Recent progress in diagnosing the reliability of electrical equipment by using infrared thermography. *Infrared Physics & Technology*, v. 55, n. 4, p. 236–245, 2012. ISSN 1350-4495. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.infrared.2012.03.002>. Disponível

em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350449512000254>.

MIGUEL WANDERLEY, D. S.; RICARDO PRUDE[^]NCIO, B. C. Transferring Knowledge From Texts to Images by Combining Deep Semantic Feature Descriptors. In: 2018 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–7. DOI:

10.1109/IJCNN.2018.8489058.

MLAKIĆ , D.; NIKOLOVSKI, S.; BAUS, Z. Detection of faults in electrical panels using deep learning method. In: INTERNATIONAL Conference on Smart Systems and Technologies (SST). [S.l.: s.n.], 2017. p. 55–61. DOI: 10.1109/SST.2017.8188670.

YOSINSKI, Jason et al. How Transferable Are Features in Deep Neural Networks? In: PROCEEDINGS of the 27th International Conference on Neural Information Processing Systems - Volume 2. Montreal, Canada: MIT Press, 2014. (NIPS'14), p. 3320–3328.

Capítulo 4



10.37423/230607918

O USO DA TECNOLOGIA COMO FERRAMENTA DE COMPARTILHAMENTO E PRESERVAÇÃO DO DIALETO INDÍGENA

Dener Guedes Mendonça

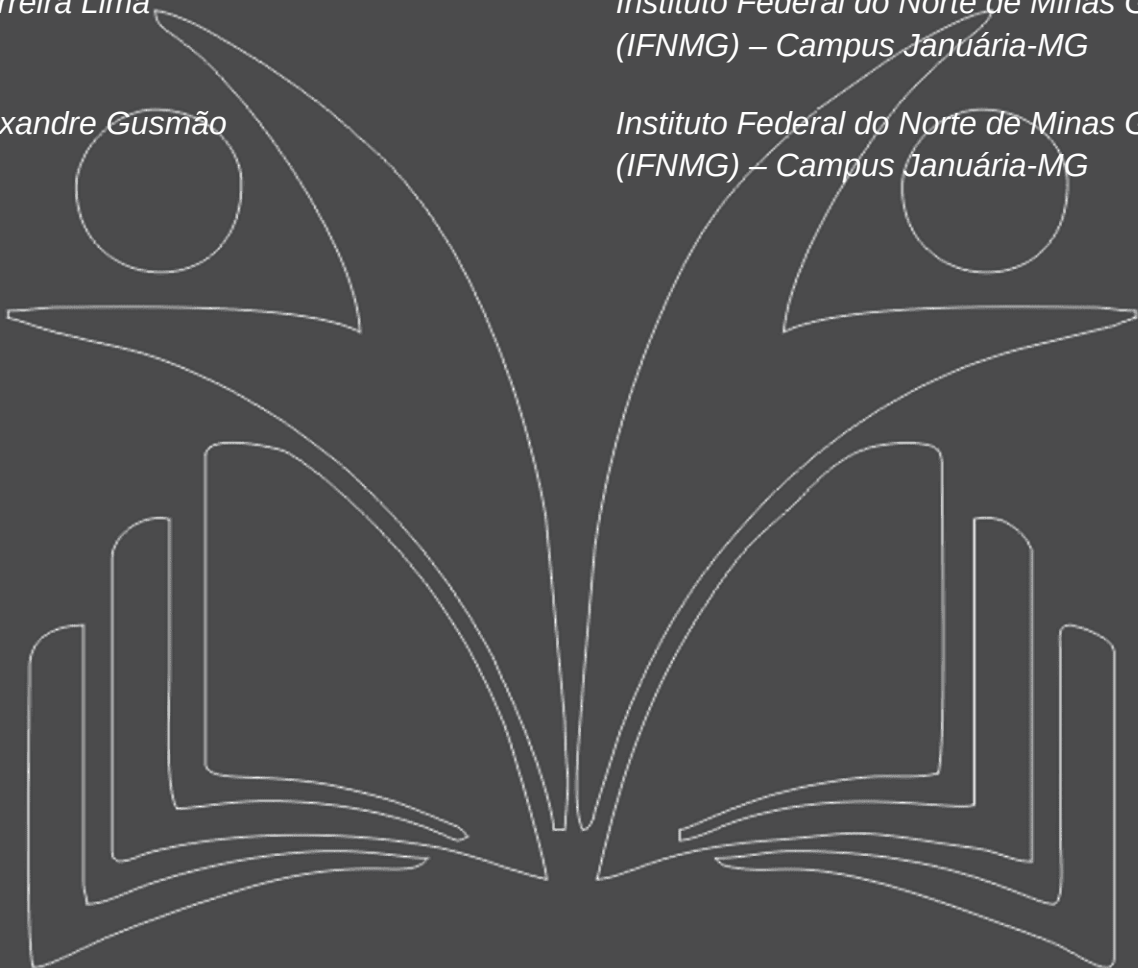
*Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
(IFNMG) – Campus Januária-MG*

Joselice Ferreira Lima

*Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
(IFNMG) – Campus Januária-MG*

Claudio Alexandre Gusmão

*Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
(IFNMG) – Campus Januária-MG*



Resumo: O artigo aborda o uso da tecnologia em comunidades indígenas e trata o uso de sistemas funcionando como ferramentas de compartilhamento e preservação do dialeto indígena. A metodologia usada teve como base uma discussão descritiva de forma a atribuir e analisar as características linguísticas pertencentes ao povo indígena. Buscou-se compreender como os recursos tecnológicos existentes podem auxiliar no resgate e transmissão da língua indígena. Como resultado apresenta um sistema para registrar o vocabulário indígena de uma tribo com o propósito de compartilhar e preservar a sua cultura linguística. Conclui-se que a tecnologia pode atender as necessidades das aldeias auxiliando no processo de manutenção, preservação e reestruturação de seu dialeto.

1. INTRODUÇÃO

Na sociedade atual as organizações sociais estão sujeitas a influências de várias naturezas, em alguns casos essas mudanças são mais constantes em função do fluxo de pessoas, acarretando em miscigenação ou até mesmo em perda do vocabulário, tais como nas aldeias indígenas. No passar dos anos a bagagem cultural desse povo vai sofrendo intervenções externas, a tecnologia como uma dessas interferências traz mudanças significativas, mas que podem ser utilizadas para ensinar e inclusive para o fortalecimento de sua identidade social. A tecnologia garante a inclusão entre culturas e no caso indígena pode funcionar como fortalecimento de seus costumes, dependendo é claro do uso que se faz dela.

Atualmente observa-se a crescente evolução tecnológica que aos poucos também chega ao ambiente educacional indígena, seja através dos aparatos eletrônicos ou inclusão digital. “A chegada do computador e a expansão da conectividade promoveu não a substituição por uma nova mídia, mas a união, a confluência das diversas mídias, passando a coexistirem e se absorverem [...] (Zednik, 2014, p. 01)”. Nas aldeias e comunidades indígenas que já possuem certo grau de desenvolvimento tecnológico (telecentros de inclusão digital, internet e etc), a utilização do computador é crescente, seja na escrita de projetos sociais, acesso a internet, ou para o estudo.

Considerando o modo como cada comunidade vive, respeitando suas tradições e cultura no uso das tecnologias, já existem programas de computadores que registram seus vocabulários, “estudos empreendidos em vários continentes evidenciam que a apropriação da tecnologia, quando garante comunicação entre culturas, fortalece a persistência das diferenças culturais” (Gallois e Carelli, 1998, p. 2).

O uso de recursos computacionais já está sendo difundido em função das facilidades proporcionadas por meio da internet no uso de e-mails, redes sociais e etc. Entretanto, dentro desta realidade observa-se que a transmissão do conhecimento (cultura indígena) é feita de forma oral pelos índios, ainda há carência da utilização de recursos de documentação escrita de sua língua, tão pouco armazenar sua correta pronúncia. Incluir esses indivíduos nas novas tecnologias à medida que aprendem e reestruturam sua língua indígena não é simplesmente capacitá-los para que sejam capazes de interagir com as máquinas, mas é promover uma mudança social com foco na preservação de sua identidade cultural em especial de seu vocabulário.

Levando-se em conta o crescimento da população indígena em todo o mundo, onde há comunidades (tribos) longínquas que demandam por serviços específicos, fica em evidência a necessidade de investir em inovações tecnológicas, ou seja, sistemas informatizados que facilitem a comunicação e integração entre elas.

Neste contexto, a inovação neste artigo está em abordar a questão da preservação da cultura indígena através do uso da tecnologia e sistemas de informação como uma forma de armazenar, preservar e compartilhar a cultura indígena, em especial a língua desses povos. A relevância está na apresentação do Sistema para Catalogar Palavras Indígenas – SISCAP, a fim de demonstrar como os recursos tecnológicos podem ser utilizados para a reestruturação das línguas indígenas e construção de uma comunidade voltada ao resgate cultural nas aldeias.

Além desta Introdução o artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 trata a tecnologia como meio para preservação cultural indígena, aborda sistemas de informação e iniciativas em tecnologia voltadas para a área discutida; na Seção 3 é apresentada a metodologia utilizada na pesquisa, juntamente com a coleta e análise de dados; a Seção 4 apresenta e discute a ferramenta criada com base nos problemas identificados neste trabalho e a Seção 5 faz as considerações finais referentes às abordagens feitas no decorrer deste artigo.

2. A TECNOLOGIA COMO MEIO DE PRESERVAÇÃO DA CULTURA INDÍGENA

A tecnologia tem tido uma grande influência na sociedade, pois o mundo se encontra em processo de informatização em todos os níveis. O crescimento da internet, por exemplo, enriqueceu o papel do usuário, dotando-o com o potencial e a capacidade de produtor e intermediário de conteúdos.

A tecnologia da informação (TI) se faz presente em qualquer dispositivo capaz de oferecer recursos tecnológicos e computacionais para o armazenamento de dados e a geração de informações. O termo Tecnologia da Informação segundo Beal (2001), serve para designar o conjunto de recursos tecnológicos e computacionais para geração e uso da informação. Sendo a informação um bem que agrega valor a uma empresa ou a um indivíduo, é necessário fazer uso de recursos que manipulem essas informações de maneira apropriada, ou seja, é preciso utilizar ferramentas, sistemas ou outros meios que façam das informações um diferencial.

Neste contexto, as tecnologias, através dos sistemas de informação, trazem uma contribuição importante para a recuperação e a transmissão da cultura indígena. Na visão de Lima (2013, p. 130) esses sistemas “podem ser entendidos como um meio de coletar (dados), processar e disponibilizar a

informação”. Apresentam-se como soluções para processos de armazenamento e produção de informações a partir da transformação de dados e através da aplicação do conhecimento humano.

Dentro desta temática abordamos o caso do povo Xakirabá, oriundo de uma comunidade indígena no Norte de Minas Gerais, de modo a propor o uso da tecnologia (sistema de informação) no armazenamento e resgate do dialeto indígena ainda existente nessa aldeia. O povo *Xakriabá* possui ramificações diversas que ajudaram a constituir sua identidade e vocabulário que inclusive é determinante em sua classificação.

Os *Xakriabá* são identificados como *Jê*, subdivisão *Akwê*. Vivem hoje, após intensa luta pela posse da terra contra posseiros e fazendeiros da região, na denominada Reserva Indígena *Xakriabá*, demarcada e homologada, localizada no município de São João das Missões-MG (Escobar, 2011, p. 02).

Reviver a língua indígena dos *Xakriabás* permite resgatar a história dessa comunidade, facilitando o repasse das palavras indígenas ainda faladas, garantindo que novas gerações tenham acesso a todo esse material linguístico. Nesse sentido os recursos tecnológicos podem constituir como meios de promover e facilitar a disseminação e aprendizado desses vocabulários. A tecnologia e as informações geradas com os sistemas de informação enquanto ferramentas é um artefato que não traz embutido o engessamento dos dados, as pessoas tem toda a liberdade para usá-lo segundo suas respectivas intenções e para seus próprios fins. A produção de conteúdo, seu registro e difusão nos âmbitos de governo, da sociedade e dos indivíduos irão refletir as diversidades culturais e da língua assim como o resgate da memória ainda pouco registrada.

O uso da tecnologia e sistemas de informação, já mostrou sua utilidade social inclusive em ambientes indígenas. Nos próximos tópicos são discutidos sistemas de informação a gestão do conhecimento envolvendo a questão da tecnologia e do conhecimento indígena.

2.1. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E A GESTÃO DO CONHECIMENTO

A Tecnologia da Informação (TI) está fundamentada nos seguintes componentes: “Hardware e seus dispositivos e periféricos; Software e seus recursos; Sistemas de telecomunicações; Gestão de dados e informações” (Beal 2001, p. 1 e 2). Já as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) abrangem o conjunto desses elementos participantes da tecnologia da informação e permitem de forma dinâmica que informações sejam produzidas, divulgadas e compartilhadas praticamente em tempo real. A gestão dessa Tecnologia da Informação abrange o conjunto de atividades e projetos criados com tais recursos computacionais. A informação é um patrimônio da sociedade e está interligada a

sua preservação e continuidade. Cada comunidade deve utilizar a gestão da informação de acordo as suas necessidades específicas. Os indivíduos devem então desenvolver possibilidades de uso para tais tecnologias da informação, perpassando por sua implementação até sua disseminação social.

Conceitos e definições relacionados a dados, informações e conhecimento devem ser elucidados na medida que entende-se por dado “[...] qualquer elemento identificado em sua forma bruta que, por si só, não conduz a uma compreensão de determinado fato ou situação” (Oliveira, 2002. p. 51). Mas permite a realização de cálculos, operações e quantificações. Já a informação “é o dado que foi processado e armazenado de forma compreensível para seu receptor [...]” (Padoveze (2000, p. 43) *apud* Nakagawa). Pode ser entendida como a contextualização dos dados numa estrutura de sintaxe, produzindo sentido, a partir de associações e do estabelecimento de relações entre eles. Nonaka e Takeuchi (1997) discutem a relação dados, informação e produção de conhecimento, para eles este último ainda se divide em tácito e explícito, “o conhecimento tácito é pessoal, específico ao contexto e, assim, difícil de ser formulado e comunicado. Já o conhecimento explícito ou codificado refere-se ao conhecimento transmissível em linguagem formal e sistemática” (*apud* Brito, 2008, p. 136).

Na visão de Nonaka e Takeuchi (1997), contudo o conhecimento tácito e o conhecimento explícito não são entidades totalmente separadas, e sim mutuamente complementares. O conhecimento humano é criado e expandido através da interação social entre o conhecimento tácito e o conhecimento explícito contribuindo para interação e conversão do conhecimento resultando em novos saberes. Compreende o conjunto completo de informações, dados e relações que levem as pessoas á tomada de decisão, à realização de tarefas e a criação de novas informações ou novos conhecimentos (*apud* Brito, 2008).

A organização de dados envolve um processo complexo que inclui, dentre outras construções a indexação, a atualização, a consulta, a publicação, a segurança, a recuperação de dados (backup), etc. Os principais tipos de repositórios de dados utilizados incluem arquivos, banco de dados, ferramentas diversas e também a gestão desses recursos e dados. Esses processos de transformação dos dados em informações e posteriormente geração do conhecimento acontece dentro de uma comunidade que interage entre si e que expande os limites para além de suas fronteiras, dando origem a questões importantes como a gestão e conversão do conhecimento.

“A gestão do conhecimento, portanto, teria como principal desafio a aquisição e a transferência do conhecimento pessoal do trabalhador (tácito) e do conhecimento declarativo (explícito) num processo de transformação interativa e em espiral (Brito, 2008, p. 137)”. Afinal a criação do conhecimento é um

processo dinâmico e contínuo. Assim através da tecnologia da informação teríamos de certa forma uma espiral do conhecimento a ser disseminado, conhecimento sendo trocado, convertido, combinado a outros já existentes e gerando outros novos para a sociedade. Para a gestão desse conhecimento acontecer é necessário capital humano, cultura organizacional e tecnologias da informação (sistemas) adequadas.

Para Davenport e Prusak (2003) “gestão do conhecimento pode ser entendida como uma proposta para desenvolver sistemas e processos que visem facilitar a captura, armazenamento e compartilhamento do conhecimento [...] (*apud* Albano, 2012, p. 245)”. O uso de sistemas em rede possibilita então o compartilhamento de diversas informações, levando as comunidades a trocar conhecimento entre elas. A disponibilização de um vocabulário on-line, por exemplo, pode constituir-se em contribuições significativas para a preservação e perpetuação de costumes em diferentes níveis, variando-se, desde a transferência da palavra escrita até a oral. Esta abordagem pode proporcionar avanços enormes, pois um maior conjunto de dados é então compartilhado. Neste contexto os sistemas de informação se apresentam como soluções para processos de armazenamento e produção de informações a partir da transformação de dados e através da aplicação do conhecimento humano.

2.2. SISTEMAS PARA COMPARTILHAMENTO E PRESERVAÇÃO DE LÍNGUAS INDÍGENAS

A empresa Google lançou em 2012 um projeto para preservar e garantir a sobrevivência de dialetos indígenas no mundo, trata-se do “*Idiomas em risco*”¹, um site que reúne um catálogo de culturas espalhadas pelo mundo (Kleina, 2012). A plataforma é colaborativa e depende que as pessoas apresentem as informações (vídeos, falas, imagens, histórias). Apesar dessa iniciativa as informações presentes no site são poucas e a colaboração tímida, tal fato pode ser explicado pela plataforma de interação ser confusa, muito tecnológica e pesada para os recursos tecnológicos utilizados pela grande maioria das pessoas.

No Brasil aparelhos celulares estão sendo usados para ajudar a coletar histórias da literatura oral indígena. O australiano Steven Bird, professor da Universidade de Melbourne, criou um sistema chamado *Aikuma*:

O aplicativo não utiliza a escrita e funciona com ícones. “Para a Amazônia, Bird levou 15 smartphones. Após gravar as histórias antigas e tradicionais, o aplicativo compartilha o conteúdo com os outros telefones da rede. Com o áudio disponível em todos os celulares, ele poderá então ser adaptado para o português por qualquer pessoa conectada à rede. A tradução é feita frase por frase. No final do processo, um CD será gravado com a história e a tradução (Neher, 2013, p. 01).

O aplicativo se preocupa com o áudio, mas não possui a possibilidade de armazenamento escrito da palavra, além disso, o produto final é um CD, dificultando a possibilidade de inserção de novas informações. É necessário lembrar a importância do registro escrito do vocabulário de tais comunidades que representam um material importante para estudo da língua, aprendizado inclusive oral e preservação para repasse.

Apesar do pensamento popular de que os novos aparatos tecnológicos acabam com a cultura tradicional, usar a tecnologia como meio de preservação dos dialetos indígenas é uma forma inteligente de permitir que ambas coexistam mutuamente e que ao invés de se excluírem, trabalhem conjuntamente para a preservação cultural indígena.

3. METODOLOGIA

No desenvolvimento deste artigo, optou-se pela metodologia qualitativa tendo como método a pesquisa exploratória descritiva de forma a atribuir e analisar as características linguísticas pertencentes ao povo indígena. Foram utilizados levantamentos bibliográficos e documentais como referenciais teóricos, e por fim, utilizada a observação sistemática com entrevista moradores da aldeia *Xakriabá*. Esta metodologia teve como foco se aprofundar na interpretação do fenômeno linguístico indígena, buscando compreender esta perspectiva do ponto de vista dos participantes analisados.

3.1. COLETA DE DADOS

As entrevistas combinadas com a observação e pesquisa ajudaram a identificar o problema da falta de registro escrito das línguas indígenas. Abaixo listamos e discutimos os principais problemas identificados na coleta de dados:

I – Registro escrito inexistente ou pouco efetivo da língua indígena: o povo *Xakriabá* apesar de ainda falar sua língua indígena de origem não a registra efetivamente, poucos escritos e palavras *Xakriabás* são verdadeiramente encontradas e grafadas. Não foi encontrado material indígena escrito pelos próprios *Xakriabás*, apenas algumas palavras levantadas por outros pesquisadores.

II – Transmissão apenas oral das palavras indígenas (pronúncia): a transmissão do conhecimento (língua) *Xakriabá* é realizada apenas oralmente e através de intercâmbio linguístico entre povos parentes, não é utilizado material escrito, não foi encontrado um padrão gráfico para representação escrita da língua.

II – Grande distância física entre povos que ainda falam a mesma língua indígena: os *Xakriabás* possuem correspondência linguística com o povo Xerente, estes por sua vez estão localizados no estado do Tocantins, a troca e aprendizagem linguística são feitas através de visitas entre os povos, mas apenas uma minoria dos *Xakriabás* consegue este contato e troca de conhecimentos. A distância atrapalha o contato e estudo linguístico entre esse dois povos.

IV – Falta de correspondência ou tradução entre a língua indígena e a língua portuguesa: os *Xakriabás* falam habitualmente o português, mas não fazem correspondência entre a língua indígena, são duas línguas que eles não fazem associação, assim o aprendizado fica mais difícil e demorado. É bem trabalhoso descobrir o significado de uma palavra *Xakriabá*, pois não existe correspondência e similaridade com o português.

V – A palavra é transmitida oralmente sem vinculação de uma identidade visual: apesar dos *Xakriabás* serem bons desenhistas e até mesmo trabalharem com conteúdo audiovisual na tribo, não existe vinculação deste material (desenhos e figuras) e a língua indígena. Falta uma correspondência e identidade visual para a língua *Xakriabá*.

VI – Inexistência da gravação (áudio) da pronúncia indígena palavra por palavra: o repasse é feito de falante para falante, apesar de existir CDs e materiais de áudio referentes a cantos e histórias *Xakriabás*, não foi encontrado o som gravado palavra por palavra, permitindo a delimitação de cada som referente a cada palavra para aprendizado e repasse.

VII – Falta de material (escrito ou on-line) contendo as palavras indígenas e informações: não foram encontrados materiais escritos sobre a língua *Xakriabá*, nem dicionários indígenas até o momento. Na *web* apenas algumas palavras *Xakriabás* são encontradas, mas elas já estão obsoletas, visto que foram colhidas por pesquisadores estrangeiros o que dificultou a escrita e conhecimento referente a real pronúncia da palavra indígena.

3.2. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Atualmente a língua *Xakriabá* é utilizada em cantos (músicas), falada entre alguns índios e reproduzida em escritas e representações esporádicas na comunidade. A escrita da língua *Xakriabá* quando é feita tem por base a adaptação a língua portuguesa, mas a grafia acontece de forma isolada. Algumas palavras *Xakriabás* inclusive podem ser observadas em conversas entre os índios nas redes sociais, entretanto não existe um documento (dicionário) ou material escrito para consulta.

Nesta pesquisa utilizou-se de termos específicos em mecanismos de busca (através de termos em inglês e português), a fim de identificar soluções tecnológicas existentes que permitissem o compartilhamento e preservação do dialeto indígena. O levantamento realizado identificou 2 soluções estrangeiras ("*Idiomas em Risco*" e "*Aikuma*") que atendiam o Brasil, mas que não abrangiam significativamente a demanda apresentada pelas aldeias brasileiras, registrar a forma escrita e a pronúncia de palavras indígenas. Os sistemas analisados garantem em parte a preservação oral sem, contudo fazer um relacionamento com a língua oficial do país ou permitir a separação de palavra por palavra juntamente com seu sinônimo em português. Era preciso garantir o armazenamento escrito da língua indígena de modo a caracterizar uma identidade gráfica para as línguas nativas existentes no Brasil.

Se além de falar o índio conseguir escrever sua língua isso representará um ganho tanto para o povo indígena quanto para a cultura linguística brasileira, na medida em que aquele registro não se perderá com o tempo, mesmo que aquela língua deixe de ser falada e desapareça do ponto de vista oral.

A grande distância entre as aldeias existentes serviu para perceber que uma ferramenta tecnológica e on-line pode ser uma alternativa para permitir a colaboração síncrona entre tribos/comunidades em áreas geograficamente distantes, a integração deve acontecer em uma rede de informações onde os dados coletados e suas análises são armazenados na base de dados, possibilitando aos usuários sua reutilização e construção de novos aprendizados. O uso de sistemas para o armazenamento da cultura indígena possibilita a troca de informações entre as comunidades.

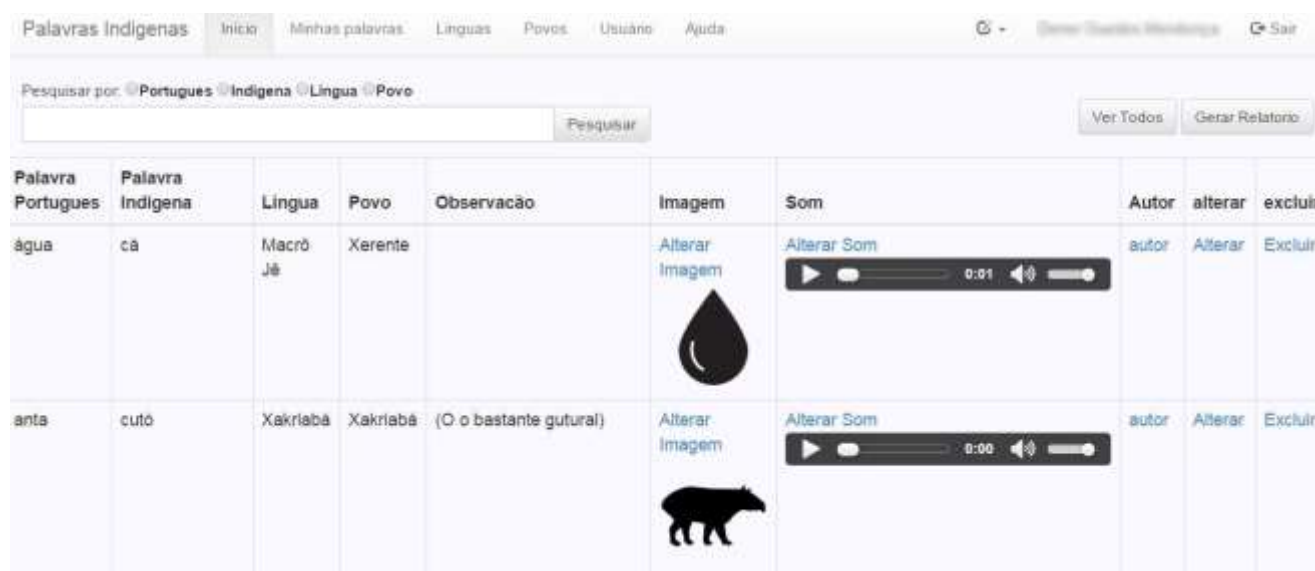
A existência de um sistema para catalogar as palavras indígenas além de apresentar a imagem e a pronúncia (som) funcionaria como um local de consulta e estudo por parte dos índios interessados, além de representar um material audiovisual sempre à disposição para aprendizado e disseminação da língua indígena.

Diante de todas essas análises e observações foi desenvolvido o Sistema para Catalogar Palavras Indígenas (SISCAPI), a fim de solucionar ou amenizar os problemas identificados na pesquisa, o sistema é discutido e mostrado no próximo tópico.

4. O SISCAPI COMO MEIO DE PRESERVAÇÃO DAS PALAVRAS INDÍGENAS

O armazenamento de dados é empregado no SISCAPI, visto que busca promover a integração do vocabulário indígena através do cadastro e armazenamento das palavras indígenas (texto, som e imagem). No sistema o usuário acessa a página para solicitar participação e assim contribuir no

cadastro de novas palavras ou ainda recuperar/pesquisar as já cadastradas. O acesso às informações detalhadas referente aos usuários, línguas e povos acontece através de autenticação, enquanto que as palavras cadastradas estão disponíveis aos visitantes pois integram um acervo global de línguas indígenas de modo a tornar-se um patrimônio cultural e serem mais facilmente preservadas. A Figura 1 exemplifica a disponibilidade e apresentação das informações cadastradas no sistema.



The screenshot shows the SISCAPÍ web application interface. At the top, there is a navigation bar with links: "Palavras Indígenas", "Início", "Minhas palavras", "Línguas", "Povos", "Usuário", and "Ajuda". On the right, there are icons for a user profile and a "Sair" (Logout) button. Below the navigation bar, there is a search section with a dropdown menu set to "Portugues" and a "Pesquisar" button. To the right of the search bar are buttons for "Ver Todos" and "Gerar Relatório". The main content area is a table with the following columns: "Palavra Portuguesa", "Palavra Indígena", "Língua", "Povo", "Observação", "Imagem", "Som", "Autor", "alterar", and "excluir". Two rows of data are visible:

Palavra Portuguesa	Palavra Indígena	Língua	Povo	Observação	Imagem	Som	Autor	alterar	excluir
água	cã	Macrô Jê	Xerente				autor	Alterar	Excluir
anta	cutô	Xakriabá	Xakriabá	(O o bastante gutural)			autor	Alterar	Excluir

Figura 3. Palavras indígenas armazenadas; Fonte: SISCAPÍ (2015).

O SISCAPÍ busca integrar os povos indígenas através de seus dialetos, utilizando-se deste sistema que será de domínio público. Certa padronização de termos se fez necessário para facilitar o intercâmbio linguístico. Manter esses princípios é de fundamental importância para que o sistema funcione com segurança e de forma confiável, assim ele será possível auxiliar e garantir a sua própria sustentabilidade.

No sistema é possível gerar um documento PDF (Figura 2) com as palavras já cadastradas, isto facilita estudos posteriores, análise e comparação das informações, funciona como um minidicionário sempre a disposição, além de ser um registro documental daquela determinada língua.

Palavras Indígenas

Relatório com todas as palavras indígenas cadastradas no sistema

Para saber mais acesse: www.palavrasindigenas.com.br

Palavra Portuguesa	Palavra Indígena	Lingua	Povo	Observação
água	cá	Macrô Jê	Xerente	
anta	cutó	Xakriabá	Xakriabá	(O o bastante gutural)
árvore	odé	Xakriabá	Xakriabá	
boca	daidaua	Xakriabá	Xakriabá	
boca	dácedaná	Macrô Jê	Xerente	

Figura 2. PDF das palavras indígenas cadastradas no sistema; Fonte: SISCAPI (2015).

O sistema foi construído baseado na experiência linguística indígena tendo como base a comunidade *Xakriabá*. A uso via *web* atende a demanda apresentada nesta aldeia. Toda a comunicação e interação com o usuário acontece através do navegador *web* onde são oferecidas as interfaces, fornecidas e requisitadas as informações de povoamento do sistema.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aprendizado indígena está cada vez mais ligado a seu cotidiano e as necessidades do mundo contemporâneo, não apenas o conhecimento teórico é almejado por esses povos, mas a busca do saber como um projeto societário para se alcançar outros, sempre na direção da autonomia indígena. Se existe uma demanda indígena voltada para a preservação de seus costumes, línguas e características, é porque a existência dessas informações é almejada. Neste contexto o uso da tecnologia torna-se necessário para proporcionar condições de aprendizado dos vocabulários indígenas através dos suportes técnicos digitais para que o conhecimento seja então efetivamente assimilado pelos índios.

Na comunidade dos *Xakriabás* já existem escolas, professores indígenas que utilizam a tecnologia e também a internet para pesquisa e comunicação, recursos pedagógicos de audiovisual, redes sociais, e-mails, etc. A disponibilização do vocabulário indígena próprio *on-line* pode ser uma alternativa para tornar o aprendizado agradável, fazer com que o índio se sinta inserido na construção do conhecimento e capaz de lidar com os diversos recursos tecnológicos. Compreende-se que o processo

da construção e transferência do conhecimento perpassa pela importância da informação. O valor da informação, muitas vezes não é facilmente mensurável, pois depende de seus usuários. Atualmente a transferência desses costumes e conhecimentos são realizados oralmente. Entretanto, observa-se uma tendência das comunidades indígenas de se comunicarem através de redes sociais, e isso pode vir a ser considerado como uma alternativa viável para a sua interação e desenvolvimento. Na medida em que as comunidades se aderem aos recursos tecnológicos, nota-se a tendência a alterar as suas estruturas e costumes. Porém, as transformações requerem novas tecnologias e maneiras de se organizar, capazes de dar suporte à transferência de conhecimentos e informações. Com vistas a tentar amenizar a carência e preencher esta lacuna é que o SISCAPÍ se propõe a servir de meio no processo de armazenar e preservar a cultura linguística indígena (escrita e falada).

A adoção de sistemas se traduz em alternativas viáveis e muitas vezes necessárias para a sobrevivência de uma cultura (em especial as das pequenas comunidades), visto que o isolamento as torna incapazes de acompanhar o ritmo de mudanças e as exigências de atualização tecnológica. O Sistema tem por objetivo prover uma forma de se organizar e disponibilizar o acesso a um maior número de pessoas sem perder as suas raízes. Compreende-se que sem a garantia do acesso, o seu uso não é efetivo, e, portanto deixando de cumprir com sua função enquanto recurso on-line, cujo benefício é a maior disponibilidade de um vocabulário on-line. Desse modo, observa-se que o SISCAPÍ pode ser uma ferramenta a ser utilizada por diversas tribos, associando-as a cada língua indígena existente e construindo uma base de dados culturalmente importante.

A formação de uma base de dados é uma forma de se armazenar a evolução de um estudo. Dados coletados (palavras) pelos usuários de uma comunidade e armazenados podem ser consultados por outros usuários que podem fazer novas coletas, agregando novos significados. Com uma base de dados com referência para comparar, realizar análise ou mesmo reutilização em uma estrutura on-line as possibilidades são ilimitadas. A utilização de sistemas para preservação e compartilhamento do vocabulário indígena não faz com que a aldeia perca sua cultura ou língua para o ambiente digital, pelo contrário ajuda a preservá-la, pois como acontece com os sistemas de armazenamento de informação globais o conhecimento se tornará mais amplo, permitindo que a comunicação melhore e que o projeto de preservação linguística ganhe a adesão de todos.

Assim, averiguou-se que os principais problemas apontados em relação aos trabalhos relacionados foram solucionados ou amenizados. O SISCAPÍ já está disponível na *web* no endereço eletrônico www.palavrasindigenas.com.br onde é possível conhecer um pouco mais sobre suas funções e solicitar

a participação. Na análise geral conclui-se que mesmo existindo outros sistemas voltados ao resgate linguístico indígena, o SISCAPÍ se apresenta como uma opção adequada a realidade das tribos brasileiras.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albano, Cláudio Sonáglio. (2012). “A Percepção da Gestão do Conhecimento: Estudo de Caso na Área de Tecnologia da Informação em uma Universidade Federal.” In Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI).

Beal, Adriana. (2007). “Introdução a Gestão da Tecnologia da Informação.” Brasília-DF. Disponível em <http://migre.me/qkqvR>. Acesso em nov/14.

Brito, Lydia Maria Pinto. (2008). “Gestão do conhecimento – instrumento de apropriação pelo capital do saber do trabalhador.” Pelotas-RS. Disponível em <http://migre.me/qkpF5>. Acesso em dez/14.

Escobar, Suzana Alves. (2012). “Os projetos sociais do povo indígena *xakriabá* e a participação dos sujeitos: entre o “desenho da mente”, a “tinta no papel” e a “mão na massa””. Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão social. UFMG - Faculdade de Educação. Belo Horizonte-MG.

_____. (2011). “Letramento *Xakriabá* – As Vozes, a Escrita e o Poder”. Ondina-BA. Disponível em <http://migre.me/qkpjl>. Acesso em dez/14.

Gallois, Dominique T,; Carelli, Vicent. (1998). “Índios eletrônicos: uma rede indígena de comunicação”. São Paulo. Disponível em <http://migre.me/mNI6F>. Acesso em jan/15.

Kleina, Nilton. (2012). “Google lança projeto para preservar idiomas em extinção”. Disponível em <http://migre.me/qkpRw>. Acesso em fev/15.

Lima, J. F.. (2013). “Arquitetura em Rede de Compartilhamento de Laboratórios On-line”. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade de Brasília-DF.

Neher, Clarissa. (2013). “Projeto usa smartphone para preservar línguas indígenas”. Disponível em <http://dw.de/p/18F8h>. Acesso em fev/15.

Oliveira, Djalma de Pinho Rebouças de. (2002). “Sistemas, organizações e métodos: uma abordagem gerencial”. 13. ed.; Ed. Atlas. São Paulo-SP.

Padoveze, Clóvis Luís. (2000). “Sistemas de Informações Contábeis: fundamentos e análise”. 2. ed., Atlas. São Paulo-SP.

Renesse, Nicodème. (2010). “O que pensam os índios sobre a presença da internet em suas comunidades?”. São Paulo-SP. Disponível em <http://migre.me/mNHsU>. Acesso em fev/15.

Zednik, Herik. (2014). “Tecnologias Digitais na Educação: proposta taxonômica para apoio à integração da Tecnologia em sala de aula”. In Anais do 3º Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE).

Capítulo 5



10.37423/230607925

ENSINO DE PROGRAMAÇÃO ON-LINE DURANTE A PANDEMIA POR COVID-19

CECIR BARBOSA DE ALMEIDA FARIAS

Universidade Federal de Campina Grande

Iggor Thadeu Lagos de Souza

Universidade Federal de Campina Grande

Paloma dos Santos Alves Nunes

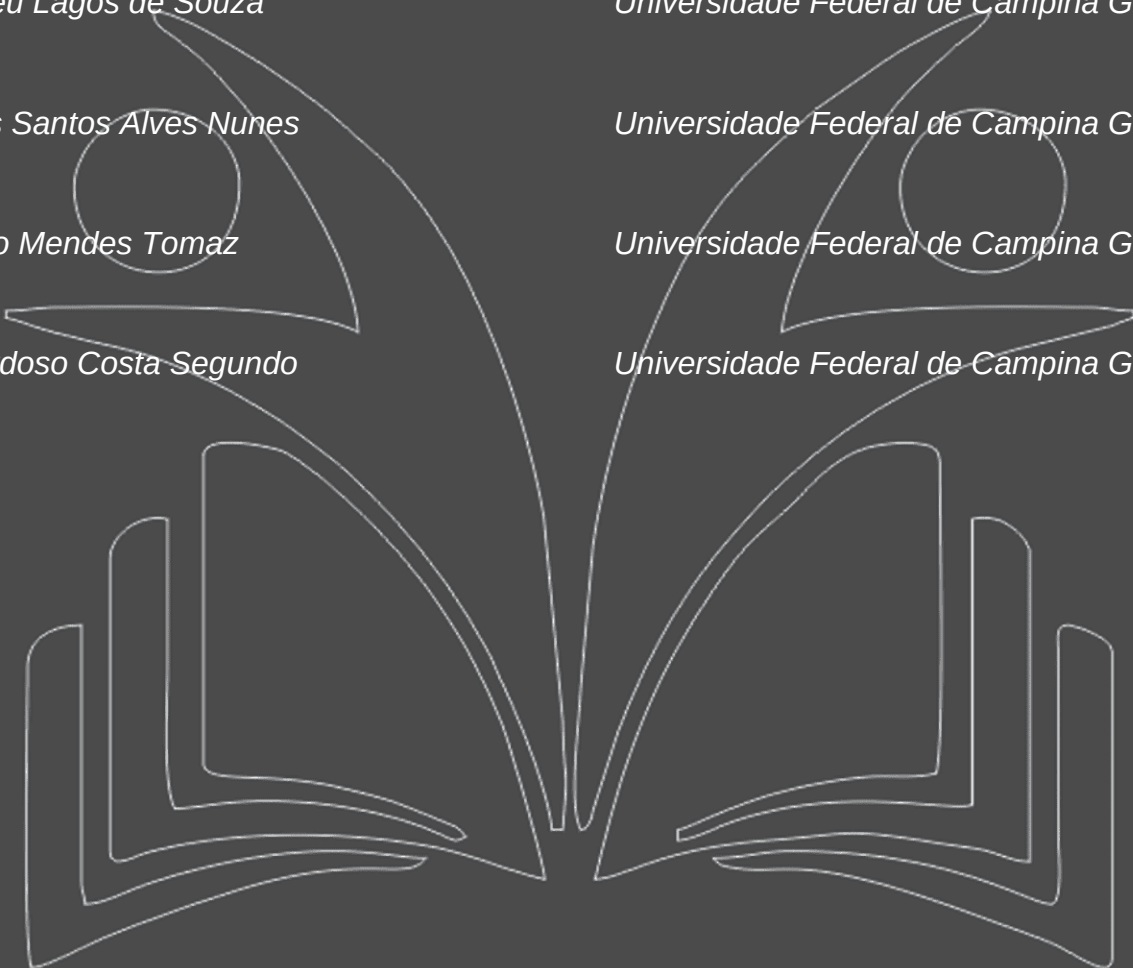
Universidade Federal de Campina Grande

Pedro Paulo Mendes Tomaz

Universidade Federal de Campina Grande

Manoel Cardoso Costa Segundo

Universidade Federal de Campina Grande



Resumo: Com a permanência da pandemia de Covid-19, e necessidade de aulas de forma remota (*on-line*) percebeu-se que haveria mudanças radicais nas práticas de ensino antes adotadas. Desde então inúmeras soluções foram criadas, testadas e implementadas. Ainda assim, é difícil entender qual é o impacto que tais mudanças geram nos alunos das universidades federais. Tendo isto em vista, esta pesquisa consiste em apresentar e discutir um panorama acerca da assertividade das práticas adotadas e como se pode melhorá-las. Através de pesquisas *on-line* aplicadas com auxílio da ferramenta *Google Forms* este trabalho buscou reunir informações sobre o ensino remoto de programação com alunos universitários durante a pandemia. O presente estudo ainda contempla sugestões de melhorias a serem adotadas em curso realizados de forma remota, ainda mesmo com aparente volta à “normalidade”, pois nesse período aconteceram inúmeros aprendizados, tanto por parte dos discentes quanto dos docentes, o que serviu para mostrar algumas práticas defasadas e também novas tecnologias e técnicas que podem perdurar no ensino remoto e também no ensino presencial que está voltando, após o controle da pandemia. De tudo, há muitas lições que instigam a reflexão, de forma a compreender que com o desenvolvimento da sociedade, criação e inserção de novas tecnologias, as práticas pedagógicas devem seguir em aprimoramento, abandonando métodos antigos e permitindo novos olhares despertados à adaptação.

Palavras-chave: Linguagem de Programação, Python, Ensino Remoto.

INTRODUÇÃO

O artigo 205 da Constituição Federativa do Brasil fundamenta que, "a educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho" por isso é dever da sociedade e do estado permanecer em constante desenvolvimento tanto deixando para trás práticas defasadas, quanto utilizando novas práticas e ferramentas que catalisam o aprendizado do aluno. De acordo com a Declaração Universal dos Direitos Humanos

(1948), a educação é um direito humano que aponta para a visão de realização, para a sociedade de modo geral possuir a capacidade de compreensão dos problemas da vida, além de ser capaz de buscar soluções, teorizar e discernir e esclarecer fatos. Tendo o raciocínio lógico como um mecanismo básico indispensável para construir o pensamento de resolução de problemas.

A pandemia do COVID-19 atingiu de forma bastante agressiva o mundo partindo do final do ano de 2019 e chegando ao seu clímax em 2020. O Brasil foi um dos países mais atingidos pela COVID-19 e minimizou o contato social usufruindo de medidas restritivas a fim de combater o avanço do coronavírus.

Como medida para combater também o retrocesso intelectual que batia às portas das instituições, houve a proposta do uso intensivo do ensino à distância (EAD) como forma de manter as atividades letivas, contudo era um cenário novo para nosso país e para realização do mesmo, foram utilizadas massivamente ferramentas disponibilizadas pela *Google* como a *Classroom* e diversas plataformas *on-line* como o *Zoom Meetings*, *Webex* e *Microsoft Teams*, para realização das aulas *on-line*. As instituições de ensino superior adotaram também o uso de plataformas próprias, como é o caso do *Moodle PVAE*, utilizada para disponibilizar os materiais pedagógicos preparados pelos docentes para discentes, tais como: apostilas, slides, exercícios, projetos, trabalhos e provas.

Segundo Spirizzi et al. (2017), o envolvimento cada vez maior dos jovens nas novas tecnologias nos últimos anos deu origem ao nome da atual geração *on-line*. No método de ensino realizado totalmente a distância e *on-line* (*e-learning*), a internet é apenas um dos componentes necessários.

Diante da necessidade de adaptação às atividades de ensino, esta pesquisa exploratória quantitativa e qualitativa abrange a disciplina de Programação, ministrada nos cursos de Engenharia, de uma Universidade Federal situada no estado da Paraíba.

O objetivo deste estudo é avaliar como o ensino remoto impactou a aprendizagem, o grau de influência na absorção do conteúdo da disciplina, entender quais os principais problemas enfrentados pelos estudantes durante a pandemia, bem como, sua avaliação geral, envolvendo a maneira que as disciplinas foram ministradas e como os alunos participaram das aulas, com seus próprios computadores, celulares e pacotes de acesso à internet.

REFERENCIAL TEÓRICO

“A Covid-19 é uma infecção respiratória aguda causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, potencialmente grave, de elevada transmissibilidade e de distribuição global” (GOV.BR, 2021). A transmissão dessa doença ocorre de diversas formas, principalmente pela inalação de gotículas que se encontram presentes no ar, além do contato com superfícies contaminadas, conforme afirma Hinrichsen (2021).

Em dezembro de 2019 o mundo se deparou com algo que mudou de fato o rumo da história, um verdadeiro marco. A pandemia trouxe consigo inúmeras dificuldades para toda a sociedade, levando em conta ainda a realização do isolamento social como forma de tentar minimizar a transmissão do vírus. Para o trabalho, o método *home office* foi adotado por 46% das empresas segundo um estudo realizado em agosto de 2020 dirigido pela Fundação Instituto de Administração (AGÊNCIA BRASIL, 2020). Seguindo a tendência, o modelo de estudo EAD (Educação a distância) foi adotado como meio alternativo por diversas escolas e universidades após a portaria do MEC (MEC, 2020) em março de 2020 “forçando” a cada aluno e professor já acostumados com a modalidade presencial a se reinventar gerando inúmeros índices positivos e negativos acerca do lecionar e aprender dessa sociedade.

É importante destacar que, existem grandes dificuldades causadas por esse novo método de ensino, visto que, o Brasil é um país que apresenta muitas desigualdades, principalmente quando se trata de questões econômicas. Tendo isso em vista, ferramentas necessárias para o acompanhamento das aulas, como celulares ou notebooks não estão a disposição de grande parte dos estudantes, além de muitos não possuírem conexão estável com a internet. Em 2018, a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD), afirmou que, um a cada quatro brasileiros não possuem conexão com a internet, resultando em cerca de 46 milhões de pessoas (TOKARNIA, 2020). Além do mais, 4,5% da população, mesmo que tivesse condição financeira de adquirir esse serviço, não conseguiria usufruir, devido a indisponibilidade na região onde residem (TOKARNIA, 2020).

De acordo com Costa et.al. (2021), outros aspectos que influenciam na aprendizagem em período de pandemia, ultrapassam a falta de recursos materiais, pois é notável também a falta de recursos

humanos, em virtude de que, o professor não está tão presente na rotina do aluno, como anteriormente, para sanar dúvidas, devido a distância que se encontram.

Em contrapartida, a UNINTER elencou 05 (cinco) vantagens da modalidade EAD durante o isolamento social (UNINTER, 2020). Dentre elas, flexibilidade de horários e comodidade são pontos abordados e tais características têm papel relevante para muitos estudantes com relação a sua permanência nas universidades, pois ainda conta com a possibilidade de minimizar custos com transporte, o que pode inviabilizar o investimento para o aluno.

Para uma boa aquisição de conhecimentos na área de programação, é necessário levar em conta alguns aspectos que influenciam na concentração e desenvolvimento do discente (IDOCODE, s.d). Com isso, ainda na perspectiva desse autor, algumas ações básicas que podem ser tomadas, relacionadas a quantidade de aulas e atividades, acumulação de assuntos e duração de aulas. É necessário que para o acompanhamento do ritmo das aulas de modo adequado, deve-se ter um controle da quantidade de atividades a serem repassadas, para que assim não sejam distribuídas em excesso. Além do mais, é imprescindível o acompanhamento por parte do corpo docente, com relação ao desenvolvimento de certos exercícios, promovendo também uma certa motivação para que o alunado cumpra com suas responsabilidades no tempo certo, a fim de não haver acúmulo de tarefas. Por fim, as aulas devem ser dinâmicas e com uma duração aceitável, uma vez que, para aprender programação há uma grande exigência de habilidades como raciocínio, boa interpretação, conhecimentos matemáticos, que levam um certo tempo e por isso, deve-se existir um controle de horas utilizadas para repasse do conteúdo. Os efeitos adversos dessa transição não planejada atingiram mais de 1 bilhão de estudantes, e prejudicou o acesso à educação (ONYEMA et al., 2020), além das preocupações, por exemplo, com a qualidade de vida durante a pandemia, que afetam o desempenho escolar (AZZI et al., 2021).

METODOLOGIA

A pesquisa exploratória tem como objetivo propiciar um maior conhecimento por parte dos pesquisadores com relação ao tema em estudo, sendo assim, há uma maior precisão durante a formulação dos problemas e das hipóteses (OLIVEIRA, 2011, p. 20).

Diante disso, este trabalho consiste em uma abordagem quantitativa de caráter exploratório.

Analisando o atual cenário de migração no formato de ensino devido a pandemia do coronavírus, foi identificada a necessidade de avaliar se os métodos utilizados para aplicação dos conteúdos estão sendo considerados efetivos, além de extrair informações sobre as condições de infraestrutura que os

discentes dispõem, uma vez que, vários aspectos podem influenciar no desenvolvimento destes em aulas no formato remoto (*on-line*).

Para realizar a coleta de dados referente aos objetivos deste estudo, foi elaborado um questionário a partir da ferramenta *Google Forms*, no qual inicialmente as questões foram voltadas para identificação da qualidade e velocidade da internet dos discentes. Buscou-se também abordar sobre o ambiente em que cada aluno encontrava-se inserido durante as aulas, além de questioná-los sobre as maiores dificuldades encontradas em meio a esse novo formato de ensino, como por exemplo: “quais os equipamentos utilizados para o acompanhamento dos conteúdos ministrados”, “se os alunos possuíam contato anteriormente com a linguagem de programação”, foi realizada uma avaliação do tipo do ensino por parte dos alunos, bem como foram perguntadas sugestões sobre o que pode ser modificado nos métodos utilizados pelos docentes, com o intuito de otimizar o aprendizado do alunado na disciplina de Programação, em cursos realizados neste formato.

O questionário desenvolvido por monitores da disciplina de Programação foi enviado via *e-mail* para docentes das turmas de cursos de Programação em diversos *campi* de uma Universidade Federal no estado da Paraíba. Em seguida, os docentes compartilharam com todos os seus alunos por meio do sistema de comunicação supracitado, no qual na maioria das turmas, os respondentes preencheram o formulário de forma síncrona ou assíncrona, no final do período, proporcionando a participação da maioria do alunado. Os alunos não precisavam se identificar, nem citar nomes de professores, mantendo o sigilo digno de questionários.

A ferramenta *Google Forms* se fez de extrema importância, uma vez que possibilitou a elaboração de um formulário com 18 questões voltadas para o processo de aprendizagem dos alunos na disciplina de Programação nos cursos de engenharia, diante do método de ensino à distância adotado nas Universidades Federais, durante o período da pandemia.

Este serviço gratuito da *Google* oferece ferramentas gráficas que facilitam a visualização e o entendimento do conjunto de dados coletados, além de condensar grande parte da pesquisa em uma só ferramenta. Além disto, a ferramenta proporciona uma resposta imediata, uma vez que quando os questionários são preenchidos, o proprietário recebe automaticamente os dados fornecidos e apresentados através de gráficos. Sua eficácia é bastante notória, pois apresenta resultados exatos e confiáveis, além de ser bastante utilizado em diversas situações, mas o proprietário deve ainda fazer a análise qualitativa e textual para viabilizar os resultados da sua pesquisa.

Com relação a ferramenta de ensino disponibilizada para os docentes, foi utilizado o *Moodle* que se encontra localizado na Plataforma Virtual de Apoio ao Ensino (PVAE), a fim de inserir o material utilizado nas aulas, como as apostilas, slides, exercícios e avaliações. Outras ferramentas foram essenciais no decorrer do processo de ensino remoto, tais como: o *Google Meet* e o *Zoom*, os quais possibilitaram a realização de aulas síncronas, além do *Google Classroom* que possui função semelhante ao *Moodle*, pois proporciona ao alunado a visualização de atividades e avaliações através de um mural, no qual todos possuem acesso. A linguagem de programação utilizada foi o *Python* e o editor *Idle* como ambiente de desenvolvimento, visto que este possui uma interface mais simples e inclui em um só lugar, o acesso às diversas bibliotecas do *Python*, facilitando a aquisição de conhecimentos por parte dos discentes.

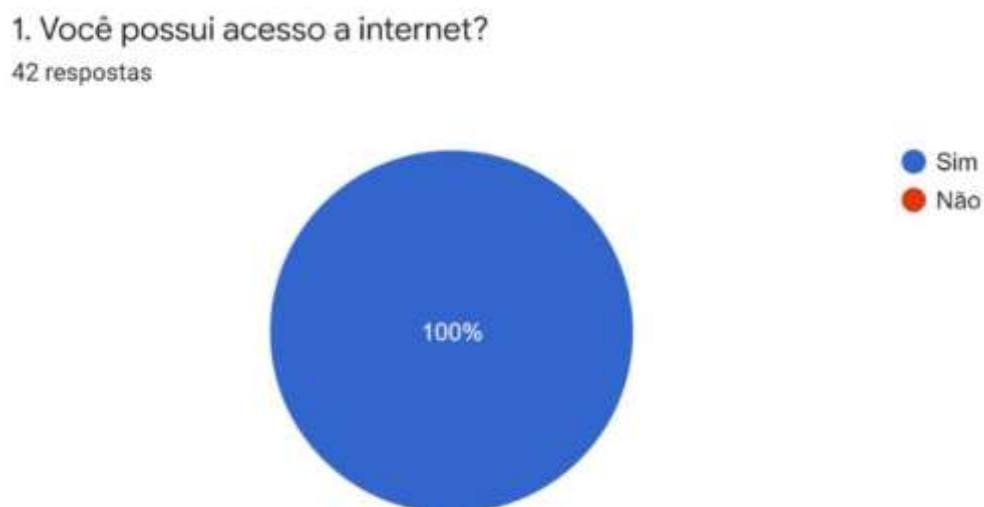
A partir do resultado do questionário, foi realizada a aferição dos dados obtidos com o intuito de construir uma abordagem, de forma a entender mais sobre a utilização desse método de ensino, que consiste no repasse dos conteúdos de forma síncrona e assíncrona, resolução de questões simultaneamente com o professor, aplicação de exercícios, programas, trabalhos e avaliações durante o período de tempo do curso.

Como tarefa ainda desta pesquisa, é de grande importância levantar possíveis sugestões de melhorias e *feedbacks* por parte do alunado, a fim de colaborar para a instituição de ensino, como seus docentes e discentes que dela desfrutam, assim como também para outras instituições que oferecem cursos de programação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa foi realizada com o público alvo de 42 (quarenta e dois) alunos da universidade, dos cursos de engenharia de três *campi*. Como asserção da premissa, a primeira questão da pesquisa perguntava se o aluno possuía conexão com a internet em sua residência durante o período de aulas remotas. Como resposta houve um total de 100% (42 de 42) de opções “Sim” escolhidas para a questão 1 do formulário, conforme representado na Figura 01.

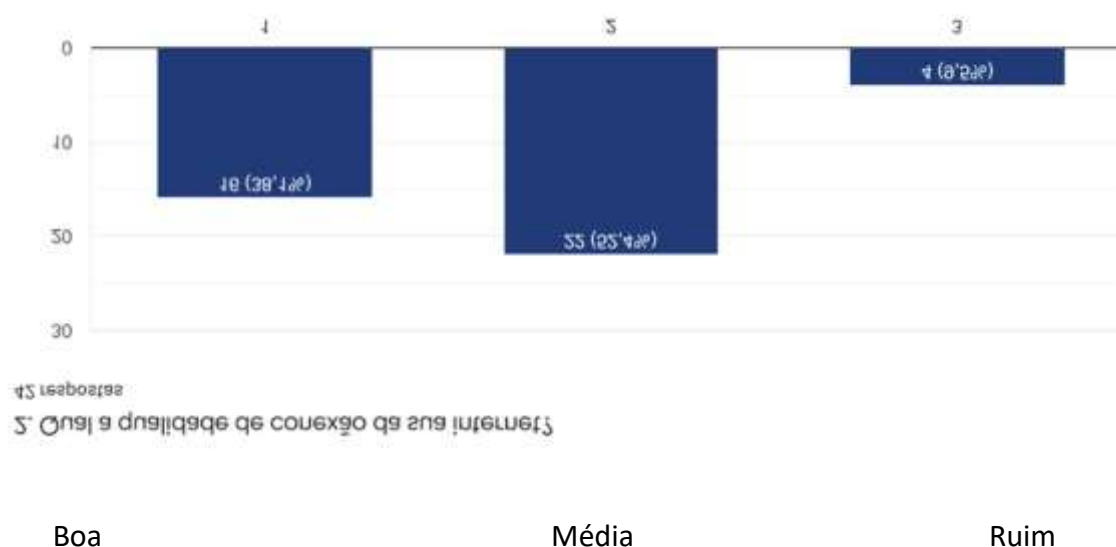
Figura 01: Questão 1 do formulário



Fonte: De autoria própria (2022)

Para a segunda pergunta do formulário foi questionada a qualidade da internet do aluno durante o período de aulas remotas, sendo oferecidas três opções de resposta: “Boa”, “Média” e “Ruim”. Foram obtidas 38,1% (16 de 42) de respostas de participantes consideradas como “Boa” (22 de 42), 52,4% “Média” e 9,5% (4 de 42) “Ruim”, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 02.

Figura 02: Questão 2 do formulário



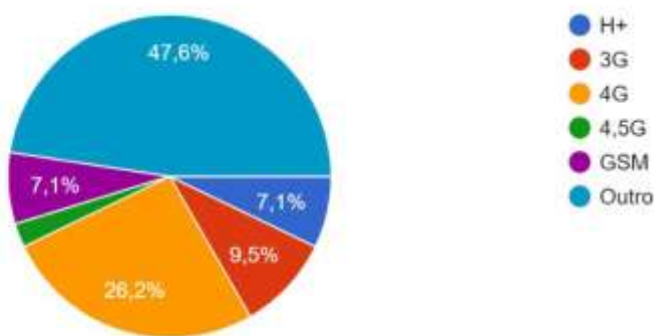
Fonte: De autoria própria (2022)

A terceira questão se referia à velocidade da internet utilizada pelo alunado no período de aulas remotas. Como respostas foram obtidas que 7,1% (3 de 42) dos alunos utilizavam velocidade de internet H+ (168 Mb/s para *download* e 22 Mb/s para *upload*), 26,2% (11 de 42) já utilizavam velocidade de internet 4G (150 Mb/s para *download* e 50 Mb/s para *upload*), 9,5% (4 de 42) utilizavam velocidade de internet 3G (7,2 Mb/s para *download* e 2 Mb/s para *upload*), 7,1% (3 de 42) utilizavam velocidade de internet GSM (114 Kb/s para *download* e 20 Kb/s para *upload*), 2,1% (1 de 42) utilizavam velocidade de internet 4.5G (300 Mb/s para *download* e 150 Mb/s para *upload*) e 47,6% (20 de 42) possuía conexão “Wi-Fi” para acessar a internet (a opção “Outros” trata de redes “Wi-Fi”). O gráfico gerado é apresentado na Figura 03.

Figura 03: Questão 3 do formulário

3. Qual é a velocidade da sua Internet?

42 respostas



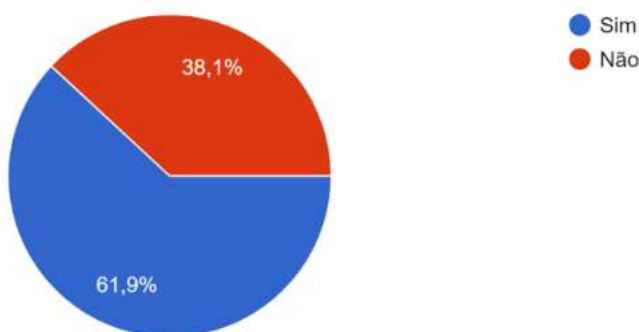
Fonte: De autoria própria (2022)

A quarta pergunta do questionário abordava a condição dos alunos, de forma empírica em seu entendimento, se eles possuíam ambientes e equipamentos adequados para aprendizado da disciplina. Com relação a resposta ao questionamento, 62,9% (26 de 42) dos alunos responderam que possuíam ambientes e equipamentos adequados, enquanto 38,1% (16 de 42) entendem que não usufruíam da mesma condição para manter e até maximizar seu aprendizado, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 04.

Figura 04: Questão 4 do formulário

4. Você dispõe de lugares adequados para participar das aulas? (lugares silenciosos, com estrutura necessária)

42 respostas



Fonte: De autoria própria (2022)

A quinta questão do formulário abordava mais sobre as condições questionando acerca das dificuldades encontradas pelos alunos estratificadas em quatro situações (descritas abaixo), além de uma opção “outros” para o aluno se expressar de forma mais objetiva com suas dificuldades.

- Problemas de conexão com a internet - foram respondidas por 26,2% (11 de 42 alunos)
- Interpretação das questões pertencentes aos exercícios - foram respondidas por 40,5% (17 de 42 alunos)
- A linguagem de programação *Python* é difícil - foram respondidas por 11,9% (5 de 42 alunos)
- Falta de equipamentos adequados - foram respondidas por 9,5% (4 de 42 alunos)
- Outros problemas - foram respondidas por 12% (5 de 42 alunos)

Na opção “outros” foram notados padrões de respostas relacionados à realidade pessoal dos alunos, totalizando 2,4% (1 de 42 alunos), 2,4% relataram ambiente inadequado para estudar (1 de 42) e 2,4% com relação a incompatibilidade dos alunos com a didática dos professores (1 de 42), conforme pode ser visto na Figura 05.

Figura 05: Questão 5 do formulário

5. Qual é maior dificuldade encontrada na disciplina até o momento?

42 respostas



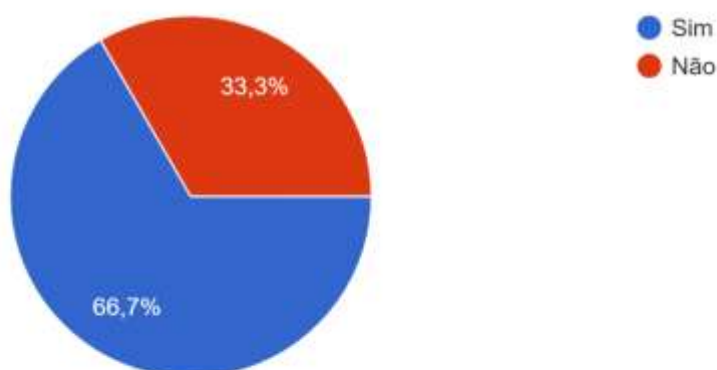
Fonte: De autoria própria (2022)

Com relação a sexta pergunta do formulário, buscou-se identificar se os discentes solicitavam frequentemente a ajuda do professor durante o processo de resolução de questões. A partir disto, 66,7% (28 de 42) dos respondentes afirmaram que sempre recorriam à ajuda dos docentes, já 33,3% (14 de 42) não procuraram essa ajuda para uma maior consolidação do conhecimento. O gráfico gerado está situado na Figura 06.

Figura 06: Questão 6 do formulário

6. Você sempre busca a ajuda de professores para auxiliar na resolução das questões?

42 respostas

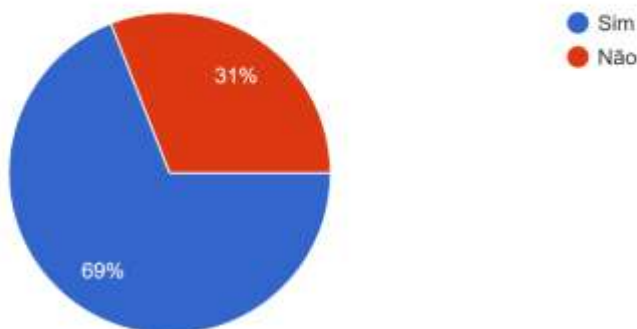


A sétima pergunta tratava de identificar se havia uma busca frequente pela ajuda de monitores, por parte dos discentes. Desse modo, 69% (29 de 42) dos discentes afirmaram que buscavam sempre este

auxílio, ao contrário dos 31% (13 de 42) que não solicitaram a ajuda dos monitores. O gráfico gerado encontra-se representado na Figura 07. Fonte: De autoria própria (2022)

Figura 07: Questão 7 do formulário

7. Você sempre busca a ajuda de monitores para auxiliar na resolução das questões?
42 respostas

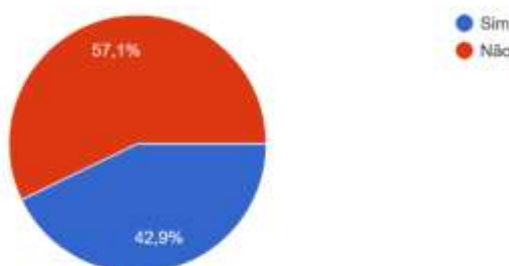


Fonte: De autoria própria (2022)

Na oitava questão foi perguntado aos alunos se estes consideraram que as dificuldades encontradas durante o processo de aprendizagem da linguagem de programação, estavam relacionadas ou não, apenas com o atual formato de ensino. Como resposta, 57,1% (24 de 42) dos respondentes declararam que o ensino remoto não foi o único responsável pelo surgimento das dificuldades, já 42,9% (18 de 42) acreditaram que todos os obstáculos estão relacionados ao formato de ensino remoto (a distância), conforme pode ser visto no gráfico da Figura 08.

Figura 08: Questão 8 do formulário

8. Na sua opinião, as dificuldades encontradas estão relacionadas apenas ao formato atual de ensino (remoto)?
42 respostas



Fonte: De autoria própria (2022)

A nona questão se referiu ao contato anterior com a linguagem de programação, por parte do alunado. Com isso, 78,6% (33 de 42) dos discentes não possuíram nenhum contato prévio com programação, antes de ingressar nessa disciplina. De forma oposta, 21,4% (9 de 42) dos respondentes afirmaram possuir uma certa experiência com o processo de programar, precedente à disciplina. O gráfico gerado está situado na Figura 09.

Figura 09: Questão 9 do formulário



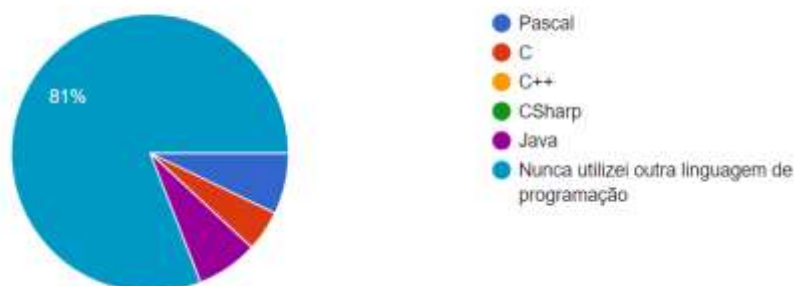
Fonte: De autoria própria (2022)

Na décima questão do formulário, foi perguntado aos alunos qual linguagem de programação eles utilizaram antes de começar a cursar a disciplina de programação. Dessa forma, 81% (34 de 42) dos entrevistados respondeu que nunca fez utilização de uma linguagem de programação anteriormente, 7,1% (3 de 42) afirmaram ter utilizado a linguagem Pascal, 7,1% (3 de 42) afirmaram ter utilizado a linguagem Java e 4,8% (2 de 42) dizem ter utilizado a linguagem C. Apenas as linguagens C++ e CSharp não foram utilizadas por nenhum dos entrevistados, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 10.

Figura 10: Questão 10 do formulário

10. Qual linguagem de programação utilizada anteriormente?

42 respostas



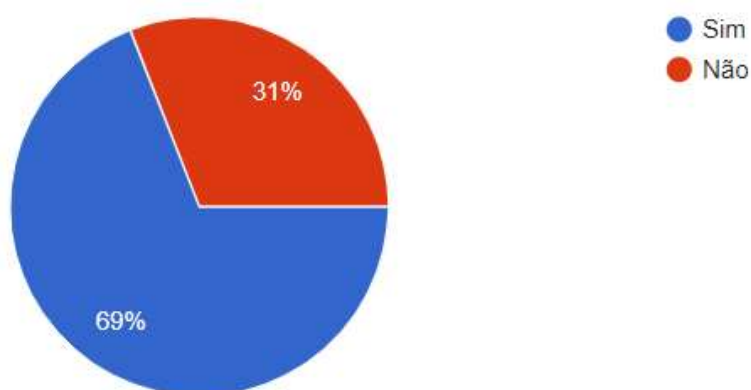
Fonte: De autoria própria (2022)

A décima primeira questão do formulário questionou aos entrevistados sobre o seu interesse em se aprofundar mais no mundo da programação após o término da disciplina. Como resposta, 69% (29 de 42) dos alunos responderam que pretendem se aprofundar mais e, de forma oposta, 31% (13 de 42) responderam que não possuem interesse em se aprofundar no mundo da programação, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 11.

Figura 11: Questão 11 do formulário

11. Você pretende se aprofundar mais no mundo da programação após o término da disciplina?

42 respostas



Fonte: De autoria própria (2022)

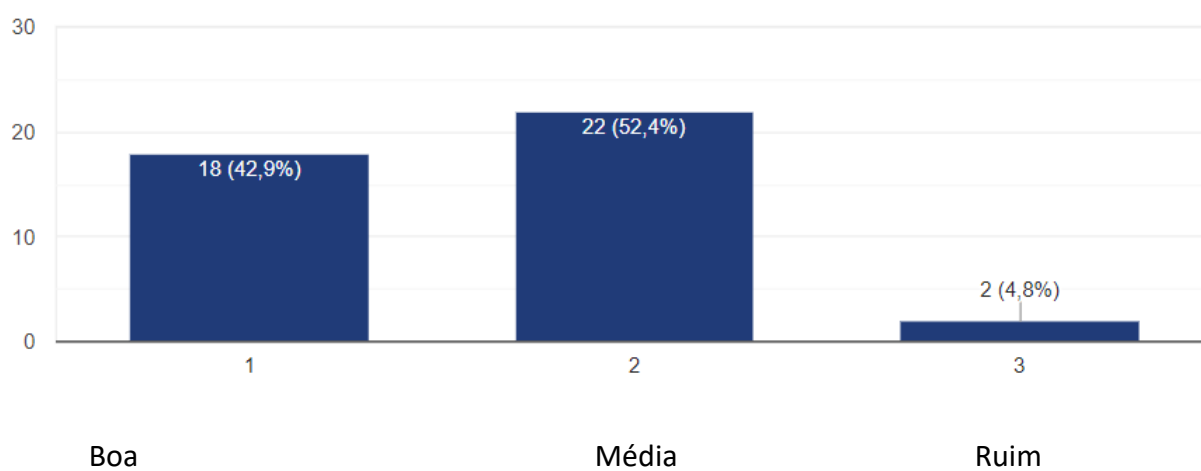
Com relação a décima segunda pergunta do formulário, foi pedido para os alunos avaliarem o método de ensino da disciplina de maneira remota. Da mesma forma que a segunda pergunta do formulário,

foram oferecidas três opções de resposta, sendo elas, “Bom”, “Médio” e “Ruim”. A partir disso, 42,9% (18 de 42) avaliaram o método de ensino como sendo “bom”, 52,5% (22 de 42) avaliaram como sendo “médio” e 4,8% (2 de 42) consideram o método de ensino remoto para a disciplina como sendo “ruim”, conforme pode ser visto no gráfico apresentado na Figura 12.

Figura 12: Questão 12 do formulário

12. Como você avalia o método de ensino da disciplina desta maneira (remoto)?

42 respostas



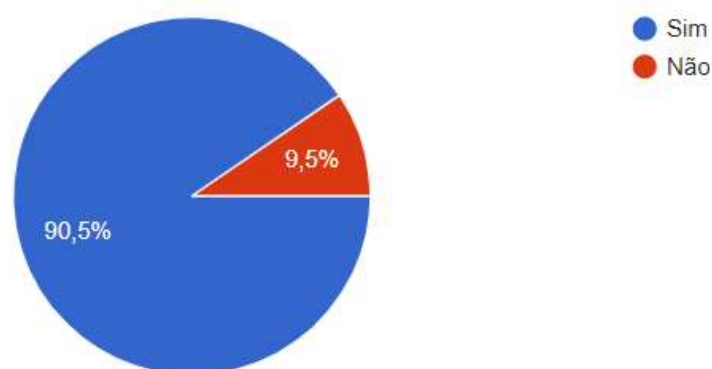
Fonte: De autoria própria (2022)

A décima terceira pergunta do formulário buscou saber se os entrevistados possuíam computador ou *notebook* em suas residências. Como resposta, 90,5% (38 de 42) dos entrevistados responderam que possuem um desses dois dispositivos, enquanto 9,5% (4 de 42) afirmaram que não possuem nenhum desses aparelhos em casa, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 13.

Figura 13: Questão 13 do formulário

13. Você possui computador ou notebook em casa?

42 respostas



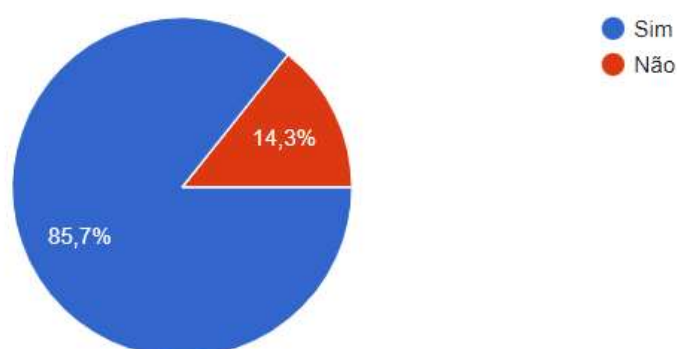
Fonte: De autoria própria (2022)

Já na décima quarta pergunta do formulário, a intenção foi saber se o aluno acreditava que problemas simples em um ambiente de trabalho poderiam ser resolvidos com o uso da programação. A resposta foi que cerca de 85,7% (36 de 42) acreditavam que problemas em um ambiente de trabalho poderiam sim ser resolvidos com o uso da programação enquanto cerca de 14,3% (6 de 42) acreditavam que esses problemas não podem ser resolvidos com o uso da programação, conforme pode ser visto no gráfico apresentado na Figura 14.

Figura 14: Questão 14 do formulário

14. Você acredita que pode resolver problemas simples em um ambiente de trabalho com a programação?

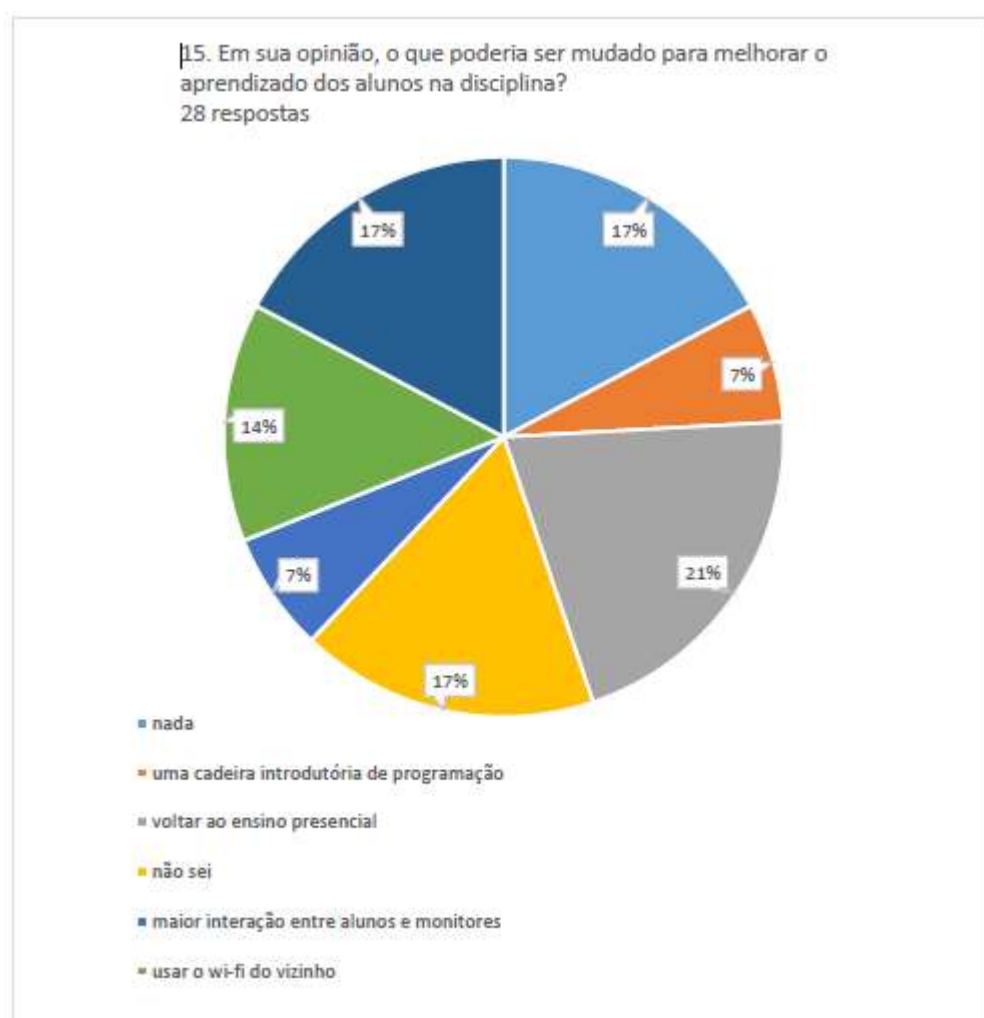
42 respostas



Fonte: De autoria própria (2022)

A décima quinta pergunta do formulário buscou saber, de forma subjetiva, a opinião dos entrevistados sobre o que poderia ser mudado para melhorar o aprendizado dos alunos na disciplina. Como respostas, 17% (5 de 42) dos entrevistados responderam que “não depende de mudar forma de ensino dos professores e sim da dedicação dos alunos”; 17% (5 de 42) disseram que “nada precisa ser feito” ou “não sabem”; 7% (2 de 42) dos alunos disseram que “uma cadeira introdutória de programação seria necessária”; 7% (2 de 42) dos alunos citaram que “é necessária uma maior interação entre alunos e monitores”; 14% (4 de 42) dos alunos disseram que “seria bom usar o *wi-fi* do vizinho” e 21% (6 de 42) citaram que “seria bom voltar ao ensino presencial”, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 15.

Figura 15: Questão 15 do formulário



Fonte: De autoria própria (2022)

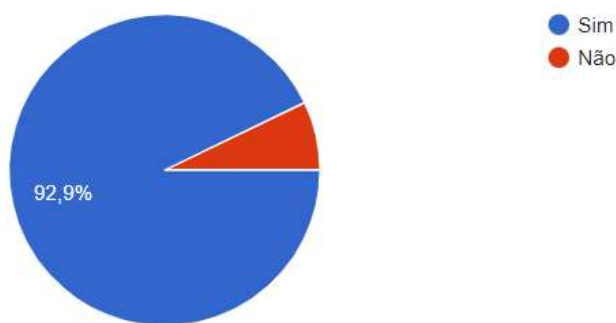
Para o décimo sexto questionamento do formulário, foi perguntado se o aluno estava cursando a disciplina pela primeira vez. Cerca de 92,9% (39 de 42) dos alunos responderam que “sim” e 7,1% (3

de 42) responderam que “não”. O que significa que 3 alunos já cursaram a disciplina outra vez, conforme pode ser visto na Figura 16.

Figura 16: Questão 16 do formulário

16. Esta é a primeira vez que está cursando a disciplina?

42 respostas



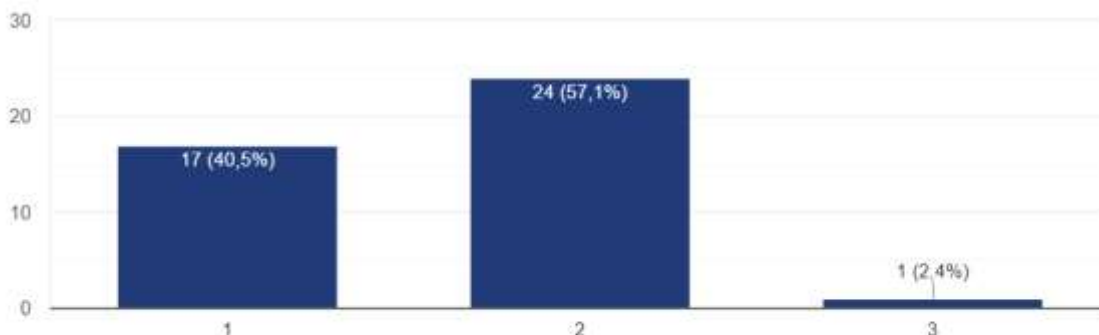
Fonte: De autoria própria (2022)

A décima sétima pergunta do formulário serviu para entender qual o nível de aprendizado/domínio dos assuntos ministrados na disciplina de acordo com a sua própria avaliação. A alternativa 1 equivale a “bom”, 2 equivale a “médio” e 3 equivale a “ruim”. O resultado foi que cerca de 40,5% (17 de 42) dos alunos responderam que o nível de aprendizado/domínio é “bom”, 57,1% (24 de 42) dos alunos responderam que o seu nível é “médio” e 2,4% (1 de 42) dos alunos respondeu que o seu nível de aprendizado/domínio é “ruim”, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 17.

Figura 17: Questão 17 do formulário

17. Qual o nível de aprendizado/dominio dos assuntos ministrados na disciplina?

42 respostas



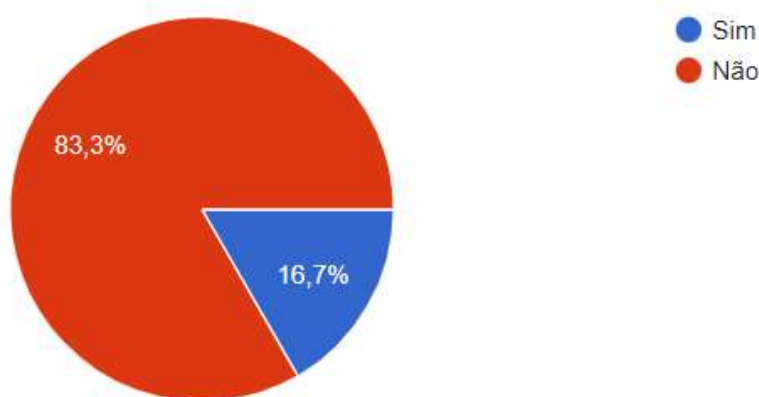
Fonte: De autoria própria (2022)

A décima oitava e última pergunta do formulário pretendeu avaliar se os alunos ainda possuíam a mesma visão da disciplina após o curso, em relação a visão que tinham antes. As respostas foram que 83,3% (35 de 42) dos alunos responderam que não tem a mesma visão que tinham previamente, enquanto que 16,7% (7 de 42) responderam que possuem sim a mesma visão da disciplina, conforme pode ser visto na Figura 18.

Figura 18: Questão 18 do formulário

18. Você tem a mesma visão da disciplina agora como você tinha antes?

42 respostas



Fonte: De autoria própria (2022)

Diante dessa perspectiva, o ensino de programação pode ser otimizado através da obtenção de melhores equipamentos e melhor acesso à internet nas suas residências. O ensino também pode ser melhorado através da elaboração de atividades mais interativas, como desafios individuais ou em grupo, através de ferramentas de gameificação (a exemplo do *Kahoot*) para engajar os alunos, despertando-lhes a curiosidade e seu interesse, utilizando de olimpíadas de programação e jogos de raciocínio.

Além do mais, durante o processo de ensino da parte teórica, é de suma importância a presença dos alunos durante as aulas, utilização dos materiais disponibilizados pelos docentes que mostram as principais funções utilizadas, e também exemplos de códigos de programas pois, quando o aluno possui um bom conhecimento de tudo isto, há uma maior facilidade na criação de novos códigos.

Outro quesito que deve ser sempre considerado, é a resolução de questões juntamente com a presença do professor ou dos monitores para com a turma, a fim de impulsionar o engajamento entre

os alunos e monitores. Muitas vezes dificuldades surgem ao interpretar as questões dos exercícios e compreender pequenos detalhes, para em seguida realizar o melhor algoritmo e preparar o código, ou até mesmo na parte teórica surgem e, juntamente, surge a necessidade do professor escolher questões para resolver com a turma, de forma síncrona e sanar esses pequenos problemas até mesmo observando o código do aluno.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da disciplina de Programação lidar com tecnologia, computadores e internet, ela foi desenvolvida para ser ministrada na modalidade presencial e essa mudança causada pela pandemia do Covid-19, junto com a adaptação para o ensino remoto causou alguns impactos tanto na forma como a disciplina foi ministrada, quanto na maneira em que o conteúdo foi assimilado pelos estudantes.

Através coleta de dados e análise realizada, observou-se que as principais dificuldades encontrados pelos alunos no ensino de programação durante o período de pandemia por Covid-19 foram: interpretações das questões dos exercícios de programação, dificuldades de conexão com internet, conteúdo da disciplina foi considerado difícil, além da falta de recursos tecnológicos dos alunos, o que não proporcionou um ambiente totalmente adequado para assistir às aulas e também, praticar mais o que foi proposto em sala de aula.

Nessa pesquisa, foi percebido que a maioria dos alunos de programação ainda não havia tido contato com nenhuma linguagem de programação anterior à disciplina, o que acabou dificultando um pouco no início do aprendizado. Reconhecendo essa dificuldade, os alunos recorreram ao professor da disciplina, durante as aulas ou em horários de atendimento extras, e também recorreram aos monitores responsáveis por tirar dúvidas e reforçar alguns conteúdos que foram ministrados durante as aulas.

Portanto, apesar de todas as dificuldades enfrentadas pelos alunos ao cursar a disciplina, grande parte avalia o método de ensino como satisfatório e considera ter adquirido o domínio necessário sobre os conteúdos ministrados e acreditam ser capazes de resolver problemas simples e desenvolver programas utilizando as ferramentas de programação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL, Home office foi adotado por 46% das empresas durante a pandemia. 2020. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-07/home-office-foi-adotado-por-46-das-empresas-durante-pandemia>> Acesso em 17 de abr de 2022.

ASSEMBLEIA Geral da ONU. (1948). "Declaração Universal dos Direitos Humanos" (217 [III] A). Paris.

AZZI, D. V. et al. Quality of life, physical activity and burnout syndrome during on-line learning period in Brazilian university students during the COVID-19 pandemic: a cluster analysis.

COSTA, Vilene *et al.* Ensino remoto em tempos de pandemia (Covid-19): percepções e experiências docentes.1. ed. cap.8. Disponível em:

<<https://downloads.editoracientifica.org/articles/210404279.pdf>>. Acesso em: 19 de mar. de 2022.

GOV.BR. MEC autoriza ensino a distância em cursos presenciais. 2020. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/busca-geral/12-noticias/acoes-programas-e-projetos-637152388/86441-mec-autoriza-ensino-a-distancia-em-cursos-presenciais>>. Acesso em: 15 de abr. de 2022.

GOV.BR. O que é a Covid-19?. Ministério da Saúde. Abril, 2021. Disponível em:<<https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/o-que-e-o-coronavirus#:~:text=A%20Covid%2D19%20%C3%A9%20uma,transmissibilidade%20e%20de%20distribui%C3%A7%C3%A3o%20global.>>>. Acesso em: 21. de mar. de 2022.

HINRICHSEN, Sylvia. Transmissão COVID-19: como se pega o coronavírus. TuaSaúde. Novembro, 2021. Disponível em:< <https://www.tuasaude.com/transmissao-do-coronavirus/>>. Acesso em: 20 de mar. de 2022.

IDOCODE. Lógica de programação: como ensinar crianças à distância?. Disponível em: <<https://idocode.com.br/blog/programacao/logica-de-programacao-para-criancas-ead/>>.Acesso em: 19 de mar. de 2022

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. Metodologia Científica: um manual para a realização de pesquisas em administração. 2011. Disponível em:

<https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf>. Acesso em: 13 de abr. de 2022.

ONYEMA, E. M. et al. Impact of Coronavirus pandemic on education. Journal of Education and Practice, Romênia, v. 11, n. 13, p. 108-121, 2020. Disponível em:

<https://genbase.iiep.unesco.org/workspace/applis/epidoc/fichiers/EPIDOC/38698_52821_56584_1_PB.pdf>. Acesso em: 29 de mar. de 2022.

PSYCHOLOGY, Health & Medicine, [s. l.], p. 1-15, 2021. Doi: 10.1080/13548506.2021.1944656. Disponível em:

<<https://www.tandfon-line.com/doi/abs/10.1080/13548506.2021.1944656?journalCode=cphm20>>. Acesso em: 29 de mar. de 2022.

TOKARNIA, Mariana. Celular é a principal ferramenta de estudo e trabalho na pandemia. Agência Brasil, Rio de Janeiro, novembro. 2020. Disponível em:

<<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-11/celular-e-principal-ferramenta-de-estudo-e-trabalho-na-pandemia>>. Acesso em: 19 de mar. de 2022.

UNINTER. 5 vantagens do ensino a distância durante o isolamento social. Disponível em: <https://deolhonofuturo.uninter.com/vantagens-do-ensino-a-distancia/?gclid=Cj0KCQjw06OTBhC_ARIsAAU1yOW0tmoEK2E9OPJyP5iPh5pnc7iWSHLdIfmXzw5-bqyToZ0hmAHeFslaAnVWEALw_wcB>. Acesso em: 10 de abr. de 2022.

Capítulo 6



10.37423/230607932

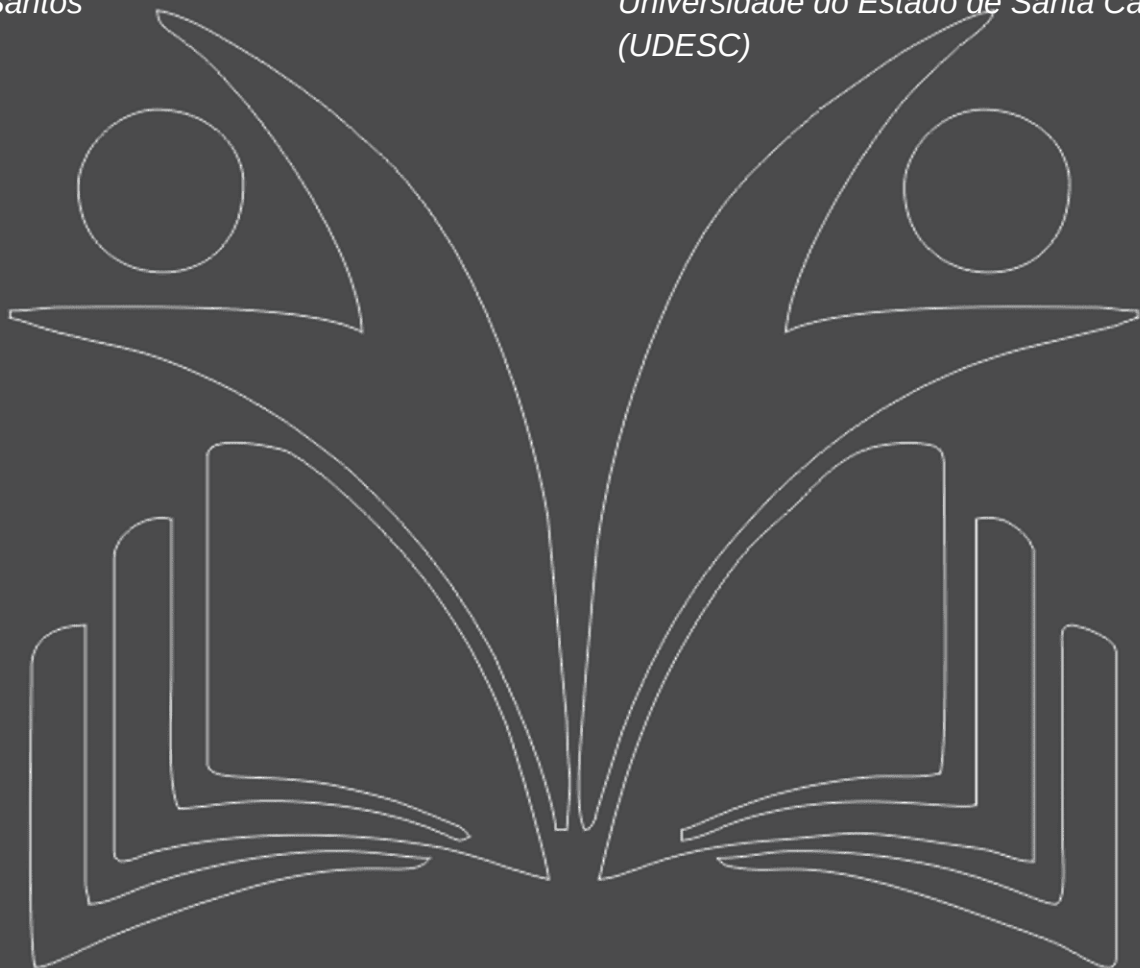
EXTENSÃO DA ABORDAGEM DE DESENVOLVIMENTO DIRIGIDO A MODELOS DE SIMULAÇÕES COM AGENTES (MDD4ABMS) PARA SUPORTAR PORTABILIDADE DE SIMULAÇÕES

Rafael Tenfen

*Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)*

Fernando Santos

*Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)*



Resumo: Este artigo apresenta uma extensão da abordagem de desenvolvimento dirigido a modelos de simulações com agentes (MDD4ABMS) para suportar a portabilidade de simulações. A extensão consiste de um gerador automático de código para a plataforma de simulação Repast. Com isto, um mesmo modelo de simulação especificado com a MDD4ABMS pode ser portado tanto para NetLogo quanto para Repast. Um estudo de caso foi realizado considerando a simulação SugarScape. Os resultados obtidos com a execução das simulações Repast e NetLogo geradas foram similares, evidenciando a viabilidade de portar simulações especificadas com a MDD4ABMS para essas duas plataformas.

1. INTRODUÇÃO

Simulações computacionais têm sido cada vez mais utilizadas como ferramenta para estudar fenômenos e apoiar a tomada de decisão. Por exemplo, simulações de tráfego auxiliam no projeto de infraestruturas de transporte, e simulações de evacuação auxiliam no projeto de estádios onde espectadores devem evacuar o local rapidamente em emergências.

Simulações com agentes fazem uso de agentes simulados para reproduzir e investigar estes fenômenos [Klugl e Bazzan 2012]. Neste paradigma é possível focar nos indivíduos (agentes) e nos efeitos que o comportamento e as interações destes indivíduos podem causar no sistema—por exemplo, efeitos do isolamento de indivíduos infectados durante a propagação de uma epidemia.

Existem várias plataformas para desenvolver simulações com agentes, como por exemplo NetLogo, Repast e MASON [Klugl e Bazzan 2012]. Cada uma destas plataformas ou adota uma linguagem de programação própria, ou utiliza alguma linguagem de programação existente (ex. Java). A demanda por este conhecimento de lógica de programação, aliada a ausência de ferramentas fáceis de usar e que forneçam blocos de construção produtivos para o desenvolvimento de simulações, podem desencorajar a adoção do paradigma de simulações com agentes [Macal 2016].

Recentemente foi proposta uma abordagem dirigida a modelos para desenvolver simulações com agentes, denominada MDD4ABMS [Santos et al. 2018]. Esta abordagem permite modelar simulações em um nível mais alto de abstração, através elementos recorrentemente usados em simulações com agentes, e sem a necessidade de programação. Além de uma linguagem e ferramenta de modelagem, a MDD4ABMS disponibiliza geração automática do código fonte da simulação, para que o projetista possa executar a simulação modelada. Entretanto, a MDD4ABMS suporta geração de código apenas para a plataforma de simulação NetLogo. Sendo assim, apesar de que modelos especificados com a abordagem MDD4ABMS serem independentes de plataforma, atualmente a simulação é portátil somente para NetLogo.

Este artigo apresenta uma extensão da MDD4ABMS para suportar a portabilidade das simulações. A extensão consiste de um gerador de código para a plataforma Repast.

Com isto, um mesmo modelo de simulação pode ser portado tanto para NetLogo quanto para Repast, permitindo que desenvolvedores com alguma experiência em Repast também possam executar as simulações especificadas através da MDD4ABMS. Um estudo de caso foi realizado considerando a simulação Sugar Scape, que foi especificada através da MDD4ABMS e teve o código fonte NetLogo e

Repast gerados automaticamente. Os resultados obtidos com a execução destas simulações foram similares, evidenciando a viabilidade da portabilidade de simulações especificadas com MDD4ABMS.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma. A seção 2 apresenta a fundamentação teórica sobre simulações com agentes e desenvolvimento dirigido a modelos.

A seção 3 apresenta a extensão desenvolvida neste artigo para suportar a portabilidade de simulações. Em seguida, a seção 4 descreve o estudo de caso realizado. Por fim, a seção 5 apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. SIMULAÇÕES COM AGENTES

Agentes, são sistemas inteligentes com duas características importantes: possuem autonomia para decidir por si próprios sobre o que necessitam fazer a fim de satisfazer seus objetivos; e são capazes de interagir com outros agentes, não apenas através de trocas de dados mas também de se envolver com práticas sociais humanas diárias, como negociação, coordenação e cooperação. Agentes podem tomar decisões a partir de deduções lógicas, modo que assemelha ao raciocínio humano, ou através da combinação de dedução e outro mecanismo de tomada de decisão [Wooldridge 2009].

Simulações com agentes é um paradigma de simulação que usa agentes simulados para reproduzir, entender e prever fenômenos [Klugl e Bazzan 2012]. O paradigma de simulações com agentes oferece benefícios em relação a outros paradigmas de simulação.

Um dos benefícios é a possibilidade de analisar e observar o fenômeno em estudo em dois níveis: microscópico e macroscópico. No nível microscópico pode-se estudar diferentes estratégias de tomada de decisão dos agentes. Pode-se também considerar, de forma natural, a heterogeneidade dos agentes, já que este paradigma de simulação foca nos indivíduos. Já no nível macroscópico pode-se estudar os resultados gerados a partir das ações e interações dos agentes entre si e com o ambiente [Klugl 2008]. Por fim, os agentes podem incorporar técnicas de inteligência artificial (por exemplo aprendizagem, redes neurais) para aprimorar comportamentos e decisões. Segundo [Klugl e Bazzan 2012], para desenvolver uma simulação com agentes é necessário especificar três elementos: um conjunto de agentes autônomos; as interações entre os agentes e ambiente, responsáveis por produzir a saída geral do sistema; e o ambiente simulado, que contém todos os demais elementos de simulação, como recursos e outros objetos sem comportamento ativo.

A Figura 1 apresenta um exemplo de simulação de propagação de doenças desenvolvida na plataforma de simulação com agentes NetLogo. Nesta simulação há dois tipos de agentes: nativos e imigrantes. A propagação da doença ocorre a partir das interações entre estes agentes, podendo ser por contato ou proximidade. Os parâmetros de transmissão e recuperação da doença dependem do tipo de agente (heterogeneidade), sendo que os nativos estão mais suscetíveis a adquirir e propagar a doença. O ambiente é especificado como uma grade por onde os agentes podem se movimentar. Ao usar simulações com agentes para estudar o fenômeno da propagação de doenças é possível considerar, de forma simples, a questão da regionalidade das interações de transmissão da doença.

Isto porque as interações ocorrem em função da localização dos agentes, logo, agentes que estão muito distantes (ex. em comunidades regionais diferentes) tendem a não interagirem.

Esta vantagem do uso de simulações com agentes para simular a propagação de doenças já foi apontada na literatura [Eisinger e Thulke 2008]. A partir da saída da simulação (gráficos e visualização dos agentes) pode-se observar variações ao longo do tempo na população de agentes suscetíveis, infectados, e recuperados da doença.

Há várias plataformas para realizar simulações com agentes. Entre as principais estão a NetLogo e Repast [Klug e Bazzan 2012]. O NetLogo foi projetado para o usuário final, tendo uma interface para trabalhar com os parâmetros da simulação, e uma extensa biblioteca de modelos existentes, prontos para executar. Além disto, NetLogo oferece uma linguagem de programação própria para desenvolver simulações.

A plataforma Repast [Collier et al. 2003], por sua vez, permite desenvolver simulações utilizando programação Java. Ao usar Java, o desenvolvedor conta com uma biblioteca de classes comuns associadas à implementação de simulação baseada em agentes, com foco em ciências sociais, contando com ferramentas úteis, como análise de redes sociais. Para desenvolver uma simulação utilizando Java, não é necessário estender classes bases ou interfaces [Collier e North 2016]. Pode-se desenvolver uma simulação com agentes apenas instanciando e utilizando objetos da biblioteca Repast para criar o ambiente, manipular agentes e demais interações.

Como pode-se verificar, todas estas plataformas demandam alguma habilidade de programação em diferentes linguagens. Isto pode desencorajar a adoção de simulações com agentes. Por exemplo, uma pessoa interessada em desenvolver uma simulação pode não conseguir por não possuir conhecimento de programação. Há casos em que o interessado pode já ter encontrado uma simulação pronta, e queira apenas estendê-la para avaliar novos comportamentos ou parâmetros. No entanto, mesmo se

a pessoa já tem conhecimento em alguma plataforma de simulação, ela pode não conseguir estender e executar a simulação caso esteja desenvolvida em uma plataforma diferente daquela(s) que conhece.

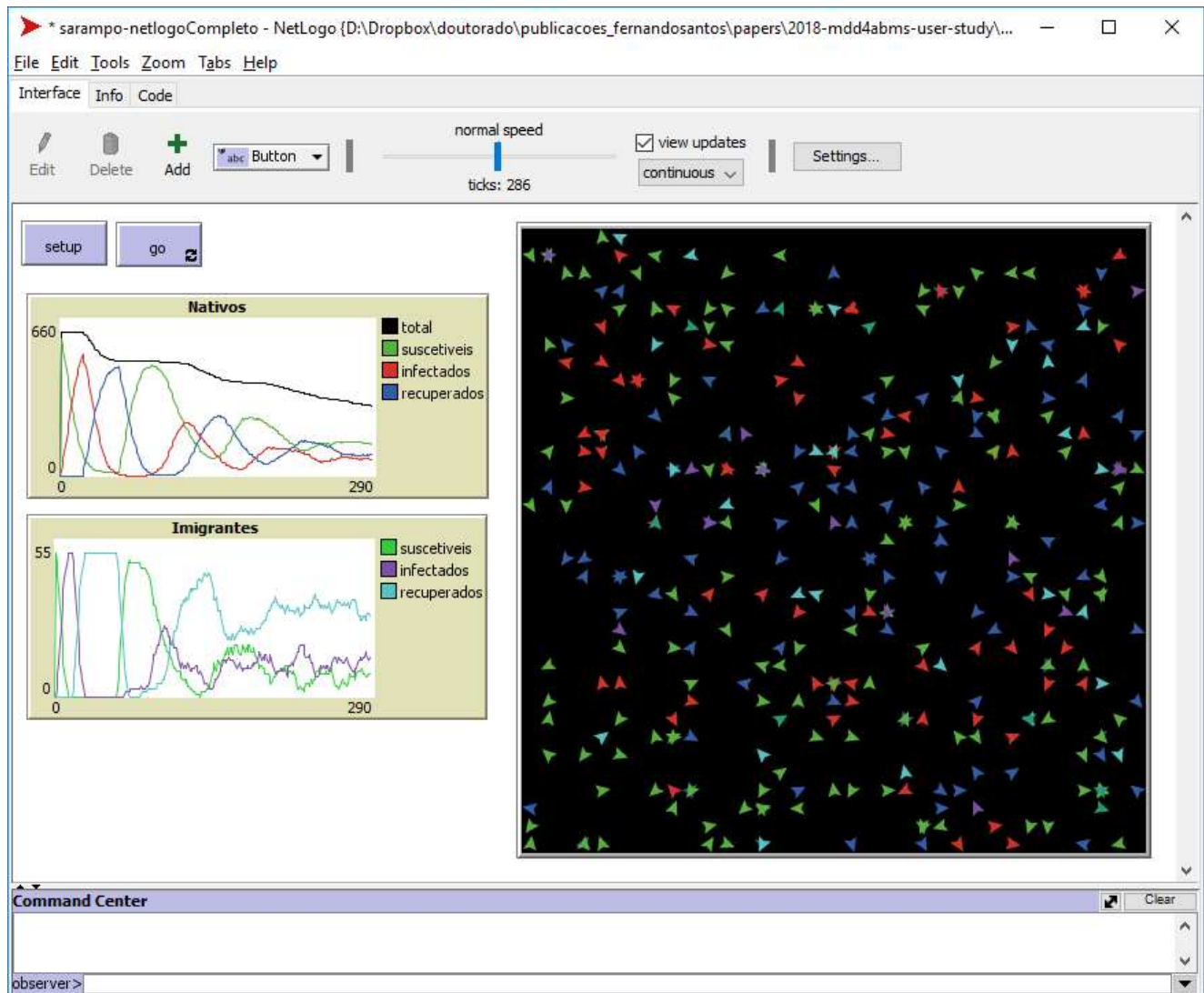


Figura 1. Exemplo de simulação com agentes: propagação de doenças.

2.2. DESENVOLVIMENTO DIRIGIDO A MODELOS DE SIMULAÇÕES COM AGENTES

A engenharia de software fornece suporte para o desenvolvimento de software profissional por meio de técnicas de especificação, projeto e evolução de sistemas. Uma destas técnicas é o desenvolvimento dirigido a modelos (MDD—model-driven development).

Em MDD procura-se encontrar abstrações específicas de domínio e disponibilizá-las para modelagem dos sistemas. O objetivo é construir modelos que sejam simultaneamente abstratos e formais. A abstração, nestes modelos, não significa imprecisão, mas compactação e redução à essência [Stahl et

al. 2006]. Em MDD, o modelo de um sistema desempenha papel chave no processo de desenvolvimento, pois a partir dele o código fonte é gerado automaticamente. Essa geração automática de código-fonte melhora a eficiência, produtividade, confiabilidade, reusabilidade e portabilidade.

A MDD4ABMS (model-driven development for agent-based modeling and simulation) é uma abordagem MDD para desenvolver simulações com agentes [Santos et al. 2018]. Esta abordagem disponibiliza um meta modelo de simulações com agentes, e uma linguagem específica de domínio para modelar simulações com agentes.

Ambos foram elaborados a partir de um processo de análise de domínio que buscou identificar os aspectos recorrentes de simulações com agentes para disponibilizá-los como elementos de modelagem. A MDD4ABMS conta com uma ferramenta de modelagem, onde os elementos estão disponíveis em uma paleta de componentes, e o projetista pode utilizá-los para especificar a simulação com agentes. Esta ferramenta também oferece geração automática de código para que o projetista possa executar a simulação e estudar os resultados. A Figura 2 apresenta o modelo de simulação de propagação de doenças explicado na seção anterior especificado através da abordagem MDD4ABMS.

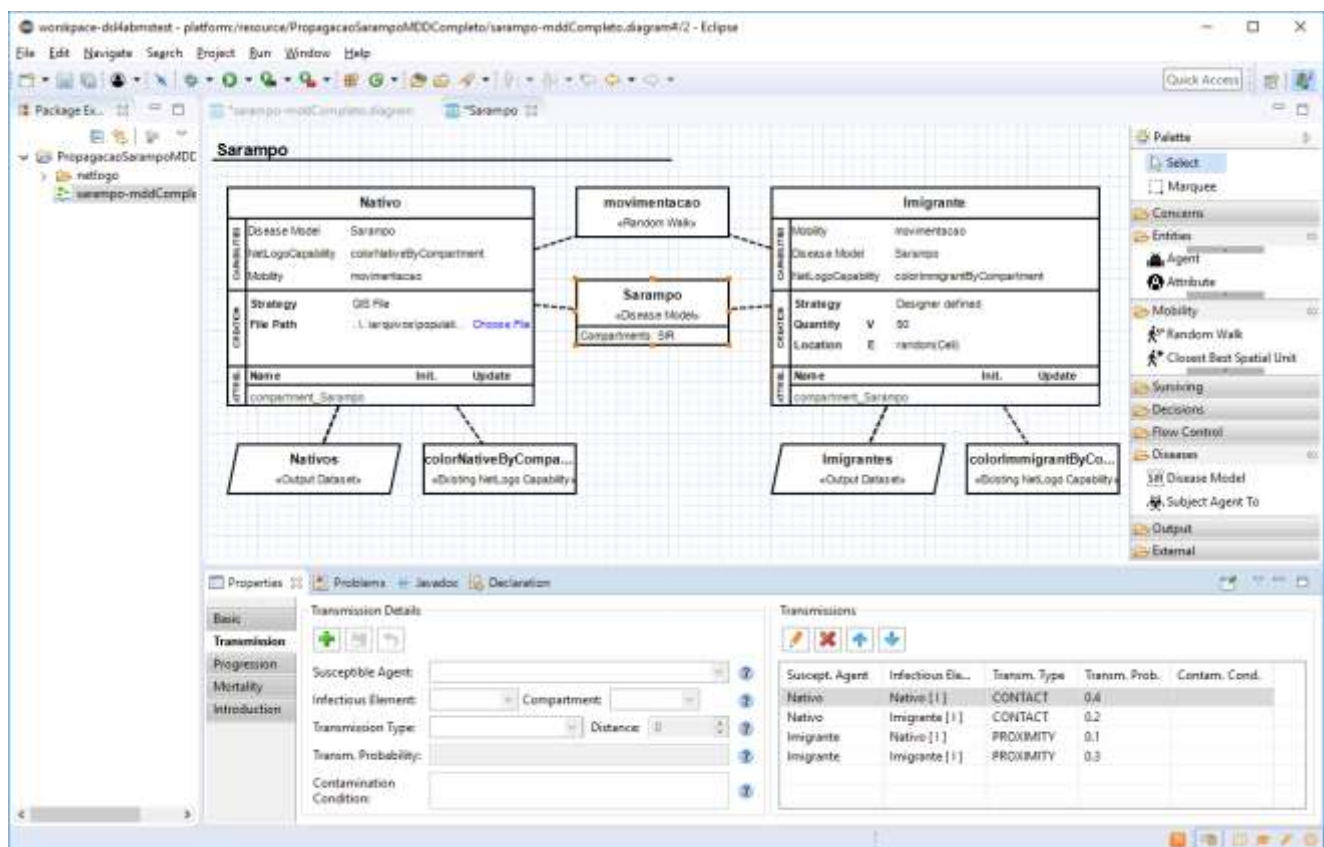


Figura 2. Simulação de propagação de doenças modelada em MDD4ABMS

Uma das limitações da MDD4ABMS é a geração de código unicamente para a plataforma de simulação NetLogo. Ou seja, apesar de que na MDD4ABMS a modelagem é independente de plataforma de simulação, atualmente a simulação é portátil somente para NetLogo. Este artigo apresenta uma proposta para que as simulações especificadas com MDD4ABMS sejam portáveis para a plataforma Repast.

3. PORTABILIDADE DE SIMULAÇÕES COM AGENTES EM MDD4ABMS

Para oferecer portabilidade para a Repast, foi desenvolvido um gerador de código para esta plataforma. Este gerador é formado por regras de produção de código, que transformam os elementos do metamodelo MDD4ABMS (agentes, ambiente, etc) para elementos e blocos de comandos da plataforma Repast. As regras foram descritas utilizando Xpand,¹ uma linguagem para especificação de templates de geração de código. As secções a seguir descrevem as principais regras de geração de código desenvolvidas.

3.1. GERAÇÃO DO CÓDIGO DOS AGENTES

Os agentes são seres no ambiente, que podem interagir com outros agentes e também com o ambiente. Usualmente um agente possui habilidades e objetivos. As habilidades do

```

1  <<DEFINE AgentClasses (mm::Agent agent) FOR mm::AgentBasedSimulation>>
2  <<EXPAND getPackageName FOR this>>
3  <<EXPAND importsAgentClass ((Agent) agent) FOR this>>
4  public class <<EXPAND getClassName ((Agent) agent) FOR this>> {
5      <<EXPAND agentAttributes ((Agent) agent) FOR this>>
6      <<EXPAND agentConstructor ((Agent) agent) FOR this>>
7      <<EXPAND agentGettersSetters ((Agent) agent) FOR this>>
8      <<EXPAND agentStep ((Agent) agent) FOR this>>
9      <<EXPAND agentDie ((Agent) agent) FOR this>>
10     <<EXPAND randomAgentAttribute ((Agent) agent) FOR this>>
11     <<EXPAND createAgentCapabilities ((Agent) agent) FOR this>>
12     <<EXPAND bestSpotClass ((Agent) agent) FOR this>>
13     <<EXPAND getContentAgentExternalCapability ((Agent) agent) FOR this>>
14     <<EXPAND outPutDataSetMethods ((Agent) agent) FOR this>>
15 }
16 <<ENDDEFINE>>

```

Figura 3. Regra Xpand para gerar a classe Java do agente Repast

Agente são comportamentos que lhe permitem alcançar os objetivos. A Figura 3 apresenta a regra que produz o código da classe Java de um agente a partir de um elemento Agent do Meta modelo. Na linha 4 é gerada a declaração da classe Java para o agente, e nas linhas seguintes são gerados os atributos, o construtor, e getters/setters. Na linha 8 é gerado o método step, que contém o comportamento do agente a ser invocado pela plataforma

Repast a cada passo da simulação. O método step, por sua vez, invoca as habilidades do agente, que são implementadas por métodos Java gerados pela regra Xpand ativada na linha 11.

Os atributos de um agente definem o seu estado e são utilizados para definir se o agente vai sobreviver ou qual a quantidade de determinado atributo é gasto para movimentar o agente. O código fonte Java dos atributos do agente é criado pela regra agentAttributes (linha 5 da Figura 3). O construtor é utilizado para inicializar os valores dos atributos do agente. Há algumas formas pré-definidas para inicializar os valores destes atributos na MDD4ABMS. Por exemplo, iniciar por um valor estático, em que o projetista informa o valor diretamente na especificação, ou por uma expressão, onde o projetista pode especificar uma operação sobre valores ou parâmetros, para executar uma operação e calcular o valor resultante para o atributo [Santos et al. 2018]. O construtor do agente é criado pela regra apresentada na linha 6 da Figura 3 que gera todo o código fonte de inicialização dos atributos do agente.

O método step gerado contém o comportamento do agente a ser executado pela plataforma Repast a cada passo da simulação. A regra que gera o código do método step é mostrada na Figura 4. O código gerado para este método ativa as habilidades do agente (linha 4), atualiza os atributos (linha 5) e após isso, ativa a habilidade de sobrevivência (linha 6). Com relação às habilidades do agente, a MDD4ABMS suporta habilidades de mobilidade, sobrevivência, e importação de habilidade definida externamente. A geração de código para essas habilidades é explicada a seguir.

3.1.1. MOBILIDADE

A mobilidade é a primeira habilidade a ser ativada pelo agente ao executar o método step(). Isto é feito pois outras habilidades podem depender do local em que o agente se encontra no ambiente. A MDD4ABMS suporta dois tipos de mobilidade: movimentação

```
1 <<DEFINE agentStep (mm::Agent agent) FOR mm::AgentBasedSimulation>>  
2   @ScheduledMethod(start = 0, interval = 1)  
3   public void step() {  
4       <<EXPAND callAgentCapabilities ((Agent) agent) FOR this>>  
5       <<EXPAND attributesUpdate ((Agent) agent) FOR this>>  
6       <<EXPAND callAgentLivingCapabilities ((Agent) agent) FOR this>>  
7   }  
8 <<ENDDEFINE>>
```

Figura 4. Código em Xpand para definir o step

Randômica (RandomWalk) e busca pelo melhor local possível (ClosestBestSpatialUnit).

A Figura 5 apresenta o código gerado pelo gerador de código para a mobilidade `ClosestBestSpatialUnit`. As variáveis `gridHeight` e `gridWidth` nas linhas 6 e 7 representam o tamanho máximo da altura e largura do ambiente. Já o limite para a busca do melhor local possível são definidos pelos atributos `rangeLowerLimit` e `rangeUpperLimit` do elemento `BoundedMobility`.

No meta modelo, os atributos do elemento `BoundedMobility` não são obrigatórios. O código apresentado na Figura 5 possui apenas o `rangeUpperLimit` definido.

Sendo assim, o atributo `limit` recebe o valor de `vision` do agente na linha 10, e como valor default o `rangeLowerLimit` representado pelo atributo `lowerLimit` recebe o valor 0.

Já o elemento `ClosestBestSpatialUnit` necessita de um atributo objetivo para maximizar ou minimizar o valor em sua busca. Desta forma, o atributo objetivo é definido por um atributo do ambiente de nome `world` apresentado na linha 4. Neste exemplo o atributo objetivo se chama `sugar`, conforme apresentado nas linhas 16 e 20. A função objetivo definida no elemento `ClosestBestSpatialUnit` pode buscar a maximização ou minimização de seu atributo objetivo. Essa definição está representada pelo símbolo “<” no caso de maximização e pelo símbolo “>” no caso de minimização. Os símbolos são invertidos pois a verificação é realizada dentro de um condicional conforme exemplificado na linha 21.

Por fim, após realizar a busca pelo melhor lugar possível, caso existam muitos lugares no ambiente que possuam a mesma quantidade do valor objetivo dentro dos

parâmetros do raio de visão do agente, é realizado uma aleatoriedade entre os valores encontrados para mover o agente.

Já a habilidade `RandomWalk` segue a mesma estrutura apresentada na Figura 5 para obter o delimitador definido pelos valores dos atributos `rangeLowerLimit` e `rangeUpperLimit`. Como esta habilidade não visa maximizar ou minimizar nenhum atributo, então é buscado um lugar randomicamente no ambiente dentro do raio de busca definido pelo delimitador para movimentar o agente.

3.1.2. SOBREVIVÊNCIA

A habilidade de sobrevivência do agente é chamada a cada step após executar as demais habilidades e atualizar os atributos do agente, para verificar se agente possui os recursos necessários para permanecer vivo. O código gerado pela regra é apresentado na Figura

Figura 5. Código fonte gerado para habilidade de mobilidade

```

1  private void agentMobilityCapability() {
2      int xLook, yLook;
3      Space context = (Space) ContextUtils.getContext(this);
4      Grid<Object> grid = context.getProjection("world");
5      GridPoint point = grid.getLocation(this);
6      int gridHeight = (context.getXDim() - 1);
7      int gridWidth = (context.getYDim() - 1);
8      int x = point.getX(), y = point.getY();
9      int limit = gridHeight, lowerLimit = 0; //default
10     limit = vision;
11     int xLookMin = getMaxMinGridValue(x - limit, gridHeight);
12     int xLookMax = getMaxMinGridValue(x + limit, gridHeight);
13     int yLookMin = getMaxMinGridValue(y - limit, gridWidth);
14     int yLookMax = getMaxMinGridValue(y + limit, gridWidth);
15     ArrayList<BestSpot> bestSpots = new ArrayList<>();
16     bestSpots.add(new BestSpot(x, y, context.getValueAt(x, y, "sugar")));
17     for (xLook = xLookMin; xLook <= xLookMax; xLook++) {
18         for (yLook = yLookMin; yLook <= yLookMax; yLook++) {
19             if ((Math.abs(x - xLook) + Math.abs(y - yLook)) > lowerLimit) {
20                 int valueAttr = context.getValueAt(xLook, yLook, "sugar");
21                 if (bestSpots.get(0).getValue() < valueAttr) {
22                     bestSpots.clear();
23                     bestSpots.add(new BestSpot(xLook, yLook, valueAttr));
24                 } else if (bestSpots.get(0).getValue() == valueAttr) {
25                     bestSpots.add(new BestSpot(xLook, yLook, valueAttr));
26                 }
27             }
28         }
29     }
30     int spot = RandomHelper.nextIntFromTo(0, bestSpots.size() - 1);
31     BestSpot bestSpot = bestSpots.remove(spot);
32     if (bestSpot.getX() == x && bestSpot.getY() == y && bestSpots.size() > 0) {
33         bestSpot = bestSpots.remove(RandomHelper.nextIntFromTo(0, bestSpots.size() - 1));
34     }
35     if (bestSpot.getX() != x || bestSpot.getY() != y) {
36         grid.moveTo(this, bestSpot.getX(), bestSpot.getY()); // move o agente
37     }
38 }

```

6. O método que verifica se o agente irá sobreviver é ativado a cada step() na linha 6.

A verificação, neste caso é realizada pelo condicional da linha 10. Desta forma, quando o atributo age estiver com um valor maior que 100, o agente é removido do contexto da simulação pela ativação do método die() conforme apresentado na linha 11.

3.1.3. HABILIDADE DEFINIDA EXTERNAMENTE

A possibilidade de definir uma habilidade externamente é um recurso para que o projetista possa explorar alguma habilidade que ainda não foi contemplada pela MDD4ABMS OU pela geração de código da plataforma da Repast. A implementação desse elemento deve ser fornecida como um arquivo de código fonte externo. A implementação do arquivo de código fonte definido externamente

é feita pelo projetista da simulação, que deve conhecer a estrutura do código fonte a ser gerado. A habilidade definida externamente pode ser invocada em dois momentos na codificação do agente: no construtor, para realizar algum tratamento inicial; e dentro do método `step()`, para ser ativada a cada `step`.

Conforme apresentado pela regra da Figura 7 na linha 7, o nome do método inicial da habilidade definida externamente deve ser o nome do arquivo concatenado com a palavra `Init()`. Por exemplo se o arquivo relacionado ao elemento `RepastAgentCapability` contiver o nome de `harvestAttribute` e o projetista desejar executar um método para inicializar a habilidade, então o arquivo deve conter a implementação de um método com a assinatura `harvestAttributeInit()`. Já para a ativação da habilidade a cada `step`, é executado um método com a assinatura com o mesmo nome do arquivo, no caso, `harvestAttribute()`. Como a programação em Repast é feita em Java, o projetista, ao relacionar o elemento `RepastAgentCapability` ao modelo projetado, poderá utilizar apenas arquivos que possuam a extensão `.java`.

Figura 7. Regra Xpand para a habilidade definida externamente

```

1  <<DEFINE agentConstructor (nm:: Agent agent) FOR nm:: AgentBasedSimulation>>
2  <<REM>> demais regras <<ENDREM>>
3  <<FOREACH agent.capabilities AS capabilities ->>
4  <<IF capabilities.metaType == RepastAgentCapability ->>
5  <<LET (nm:: RepastAgentCapability) capabilities AS repastAgentCapability ->>
6  <<IF repastAgentCapability.hasInitMethod == true ->>
7  <<repastAgentCapability.name>>Init();
8  <<ENDIF>>
9  <<ENDLET>>
10 <<ENDIF>>
11 <<ENDFOREACH>>
12 <<ENDDEFINE>>

```

3.2. GERAÇÃO DO CÓDIGO DO AMBIENTE

Para gerar o ambiente simulado, foram especificadas regras Xpand que geram código Java e XML.2 Isto é necessário pois em Repast a especificação das dimensões do ambiente (linhas e colunas) é feita em XML, enquanto que os atributos das unidades espaciais são definidos em Java.

O ambiente desenvolvido para a plataforma Repast é o grid de duas dimensões, que corresponde a abstração espacial do tipo Grid na MDD4ABMS. Esta abstração espacial é formada por unidades espaciais do tipo GridCell. O tamanho do grid é definido pelo número máximo de linhas e colunas. No objeto Grid em Repast a definição de seus atributos é representada por camadas, chamadas de Layers. Como o GridCell provém do elemento SpatialUnit e esse elemento pode conter N atributos, foi necessário implementar o gerador de código para produzir N camadas para o ambiente grid, conforme

apresentado na Figura 8. Ao gerar o código fonte para um grid é ativada a definição apresentada na linha 1, que então ativa a definição spatialUnitUpdateLayer que para cada concern existente no meta modelo da MDD4ABMS e para cada atributo dentro da supplementary structures desse concern é ativada createGridLayers que por fim, cria um objeto GridLayer que está definido na linha 16.

Figura 8. Geração de camadas do grid utilizando Xpand

```

1  <<DEFINE gridLayers FOR mm:: AgentBasedSimulation>>
2  <<EXPAND spatialUnitUpdateLayer FOREACH this.concerns>>
3  <<ENDDDEFINE>>
4
5  <<DEFINE spatialUnitUpdateLayer FOR mm:: Concern>>
6  <<FOREACH this.supplementaryStructures.attributes AS attrib>>
7  <<EXPAND createGridLayers (attrib , attrib.updateSource) FOR this->>
8  <<ENDFOREACH>>
9  <<ENDDDEFINE>>
10
11 <<DEFINE createGridLayers (mm:: Attribute attrib , mm:: Source src) FOR mm:: Concern->>
12 <<EXPAND gridLayer (attrib , attrib.updateSource) FOR this->>
13   this.addValueLayer(<<attrib.name.trim()>>);
14 <<ENDDDEFINE>>
15
16 <<DEFINE gridLayer (mm:: Attribute attrib , mm:: Source src) FOR mm:: Concern->>
17   <<attrib.name.trim()>> = new GridValueLayer("<<attrib.name.trim()>>", true , new
18     <<RP.DEFAULT_GRID_BORDER()>>() , xdim , ydim);
19 <<ENDDDEFINE>>

```

Atributos do ambiente podem ter valores estáticos, ou parâmetros informados pelo usuário ao iniciar a simulação, ou serem definidos através de um arquivo GIS. Arquivos de extensão GIS são utilizados para especificação de dados. No caso de um atributo do grid inicializado através de um arquivo GIS, este arquivo especificaria o tamanho da camada de atributos (quantidade de linhas e colunas) e o valor correspondente para cada posição (linha, coluna).

3.3. SAÍDAS DA SIMULAÇÃO

Para os elementos do meta modelo que definem as saídas da simulação foram especificadas regras Xpand que geram código XML de acordo com a especificação adotada em Repast para definição de gráficos. Os gráficos podem ser de dois tipos, barras e linhas.

A especificação de gráficos na plataforma Repast é feita em arquivos XML. Na definição da regra em Xpand apresentada na Figura 9, a cada elemento outputDataSet dentro dos concerns é ativada a regra na linha 6, source Code Out PutDataSet. Nessa regra são ativadas as demais regras para que os arquivos XML sejam gerados.

4. ESTUDO DE CASO

Para demonstrar a portabilidade desenvolvida nesse trabalho, foi gerado o código fonte Repast e NetLogo a partir de um mesmo modelo. A simulação selecionada é a Sugarscape [Epstein e Axtell 1996], onde os agentes estão em um ambiente simulado que contém recursos (açúcar) distribuído em seu espaço. Cada agente necessita coletar açúcar para transformar em energia e sobreviver, possuindo habilidades para se movimentar e retirar o açúcar do ambiente. A cada passo da simulação o agente identifica e se move para a posição contendo maior quantidade de açúcar, e morre quando sua energia decai a zero.

Figura 9. Regra Xpand para saídas da simulação

```

1  «DEFINE sourceCodeOutPut FOR nm:: AgentBasedSimulation»
2  «LET this.concerns.select(a | a.outputDatasets.size > 0) AS concerns»
3  «FOREACH concerns AS concernOutPut»
4  «LET (nm::Concern) concernOutPut AS concern»
5  «FOREACH concern.outputDatasets AS outputDataSet»
6  «EXPAND sourceCodeOutPutDataSet (outputDataSet) FOR this»
7  «ENDFOREACH»
8  «ENDLET»
9  «ENDFOREACH»
10 «ENDLET»
11 «ENDDEFINE»
    
```

Agents

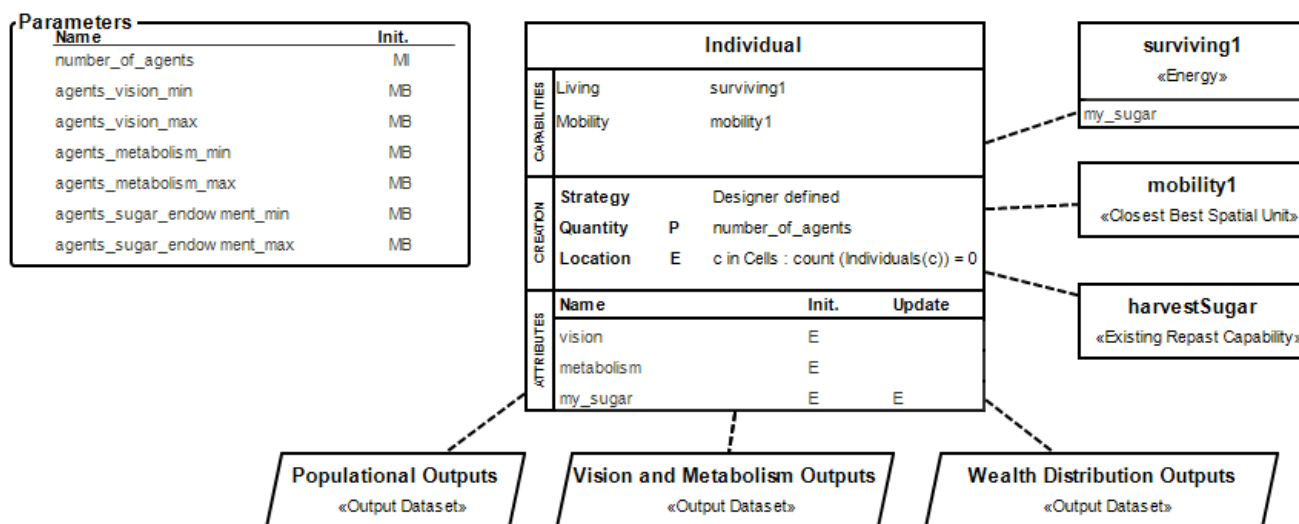


Figura 10. Especificação em MDD4ABMS do agente da simulação Sugarscape

A Figura 10 apresenta o modelo do agente da simulação Sugarscape, especificado através da linguagem de modelagem provida pela abordagem MDD4ABMS. O agente, denominado Individual, possui atributos para definir o alcance da visão, metabolismo, e a quantidade de açúcar (energia) que dispõe. Parâmetros são especificados para inicializar estes atributos e criar os agentes. O ciclo de vida do

agente é especificado por uma habilidade de sobrevivência, e a sua movimentação por uma habilidade de mobilidade.

A coleta de açúcar é especificada por uma habilidade de colheita de açúcar. Por fim, a especificação define saídas para observar a quantidade de agentes ao longo da simulação, a visão e metabolismo médios destes agentes, e a distribuição da riqueza (açúcar).

O código fonte NetLogo e Repast deste modelo foi gerado e executado para verificar a similaridade dos resultados produzidos. A portabilidade será obtida com sucesso caso os resultados das simulações Repast e NetLogo sejam similares quando executados com os mesmos valores de parâmetros. As Figuras 11 e 12 apresentam o resultado da execução da simulação por 100 passos em Repast e NetLogo, respectivamente.

O resultado da execução evidencia a similaridade do comportamento dos agentes.

Nos gráficos populational output verifica-se, nas duas plataformas, haver mortalidade dos agentes que não conseguem coletar açúcar suficiente para sobreviver no início da simulação. Também verifica-se, através dos gráficos de saída vision and metabolism, que os agentes sobreviventes são aqueles que possuem maior alcance de visão e baixo metabolismo. A distribuição de riqueza entre os agentes sobreviventes também é similar, como mostram os gráficos wealth distribution. Também observa-se similaridade no comportamento de movimentação dos agentes: nas duas plataformas eles se moveram para as posições do ambiente com maior concentração de açúcar. Por fim, em ambas as plataformas, pode-se observar que os agentes foram criados no ambiente simulado (à esquerda nas figuras) e que os mesmos elementos gráficos foram criados para exibir as saídas da simulação (à direita nas figuras). Isto evidencia que elementos estruturais (ambiente, agentes, e saídas da simulação) são portados com sucesso para as duas plataformas.

De modo geral, os resultados obtidos com a execução da simulação nestas plataformas evidenciam que modelos de simulação contendo ambiente do tipo grade, com gráficos de saída, e agentes com as habilidades de sobrevivência, mobilidade, atualização de atributos, e habilidade definida externamente são portáveis para NetLogo e Repast.

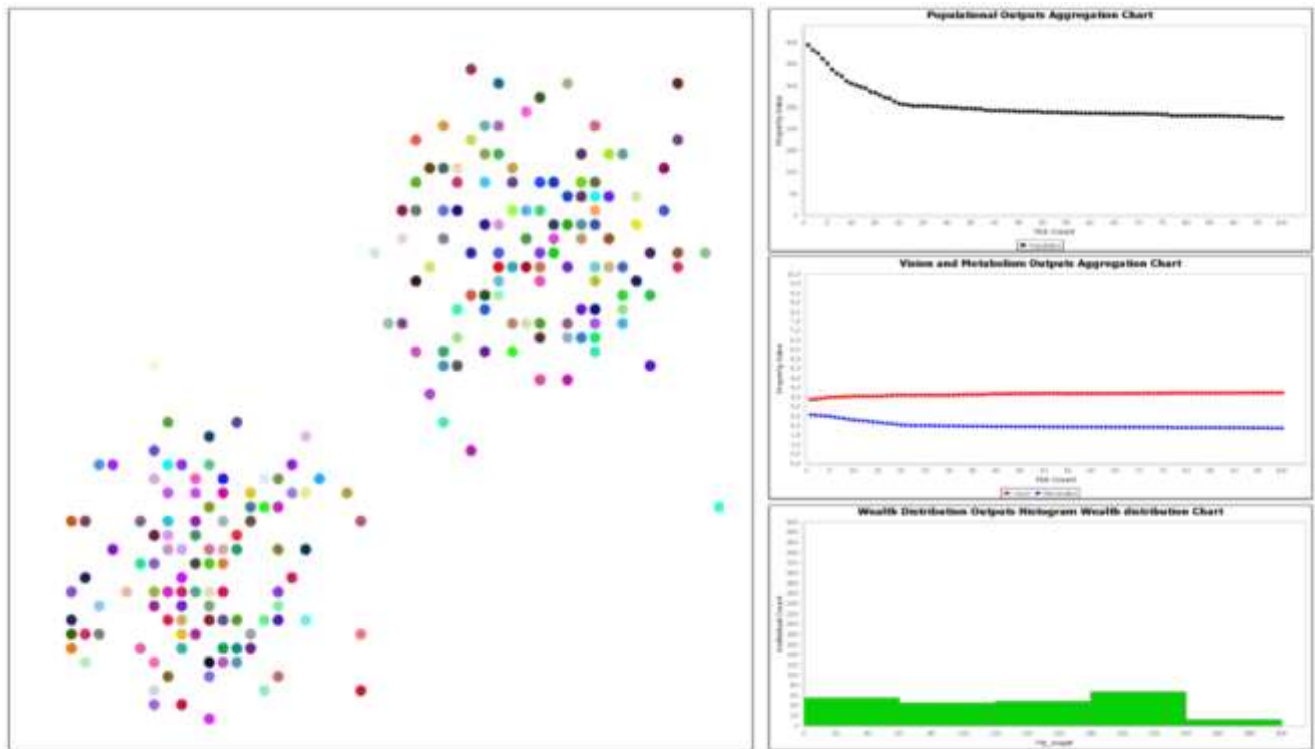


Figura 11. Simulação Sugarscape em Repast

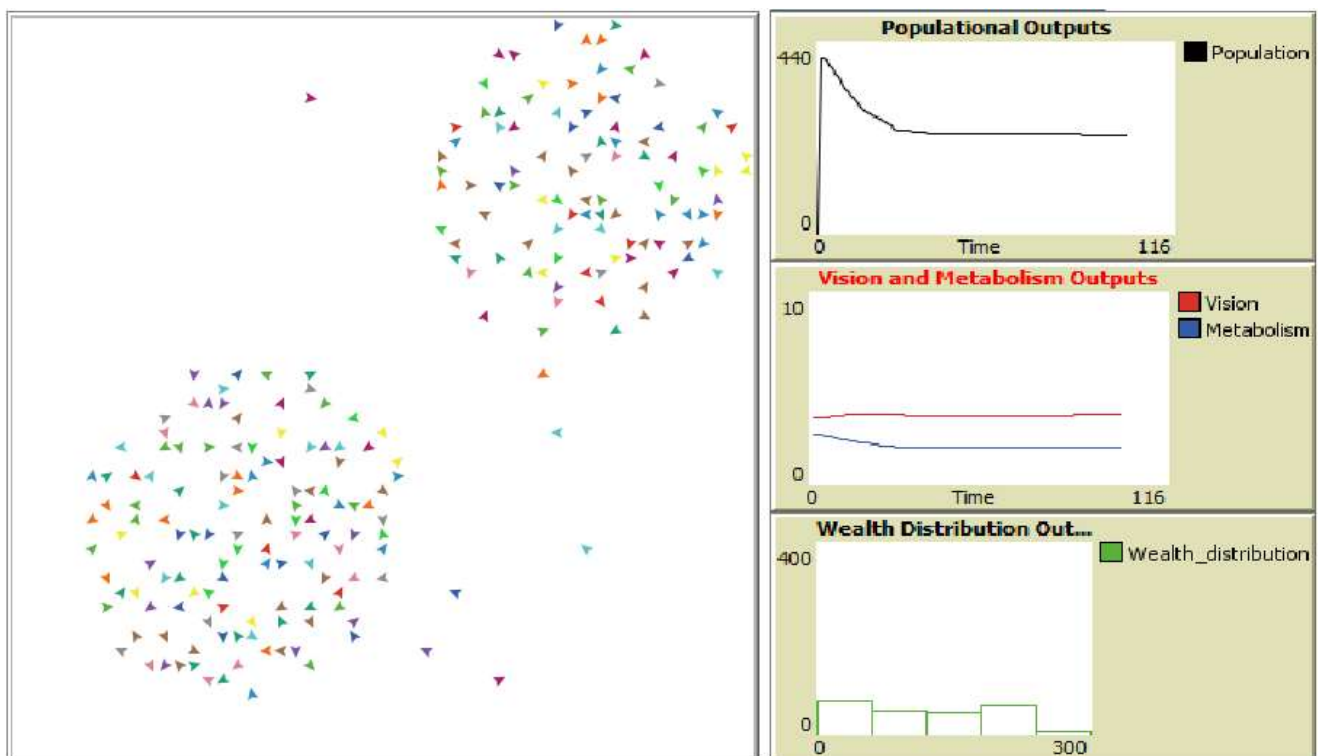


Figura 12. Simulação Sugarscape em NetLogo

5. CONCLUSÃO

Este trabalho estendeu a abordagem MDD4ABMS para suportar a portabilidade de modelos de simulação para duas plataformas: NetLogo e Repast. A portabilidade foi obtida por meio de um novo gerador de código para Repast. Essa portabilidade pode ser útil em meios acadêmicos e profissionais, pois oferece maior liberdade aos interessados em desenvolver simulações com agentes, fomentando a adoção do paradigma de simulações com agentes. Um estudo de caso foi conduzido considerando a simulação Sugarscape, e os resultados evidenciaram que, a partir de um mesmo modelo de simulação, os códigos fonte NetLogo e Repast produzem resultados similares.

Apesar da portabilidade para a plataforma Repast proposta nesse trabalho, o gerador de código desenvolvido suporta apenas ambientes simulados do tipo grade de duas dimensões. Portanto, uma sugestão de trabalho futuro é estender o gerador de código para tratar os outros tipos de ambiente previstos na abordagem MDD4ABMS. Além disso, a abordagem MDD4ABMS contempla outras habilidades dos agentes, tais como aprendizado, máquinas de estado, e habilidades referentes a propagação de doenças. Essas habilidades não foram tratadas neste trabalho, sendo outra sugestão de trabalho futuro.

REFERÊNCIAS

- Collier, N., Howe, T., e North, M. (2003). Onward and upward: The transition to repast 2.0. In Proceedings of the First Annual North American Association for Computational Social and Organizational Science Conference, volume 122, page 136.
- Collier, N. e North, M. (2016). Repast Java Getting Started. Eisinger, D. e Thulke, H.-H. (2008). Spatial pattern formation facilitates eradication of infectious diseases. *Journal of Applied Ecology*, 45(2):415–423.
- Epstein, J. e Axtell, R. (1996). *Growing Artificial Societies*. Brookings Institution Press, Washington D.C.
- Klugl, F. (2008). A validation methodology for agent-based simulations. In Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing, pages 39–43. ACM.
- Klugl, F. e Bazzan, A. L. (2012). Agent-based modeling and simulation. *AI Magazine*, 33(3):29–29.
- Macal, C. M. (2016). Everything you need to know about agent-based modelling and simulation. *Journal of Simulation*, 10(2):144–156.
- Santos, F., Nunes, I., e Bazzan, A. L. (2018). Model-driven agent-based simulation development: A modeling language and empirical evaluation in the adaptive traffic signal control domain. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 83:162–187.
- Stahl, T., Voelter, M., e Czarnecki, K. (2006). *Model-driven software development: technology, engineering, management*. John Wiley & Sons, Inc.
- Wooldridge, M. (2009). *An introduction to multiagent systems*. John Wiley & Sons.