

Julio Cesar
12/16

tecnia

revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

v. 9 n. 2
jul./dez. | 2024
ISSN: 2526-2130



-tecnia

revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

v. 9 n. 2
jul./dez. | 2024
ISSN: 2526-2130

 editora ifg

Expediente

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS

Reitora

Oneida Cristina Gomes Barcelos Irigon

Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação

Lorena Pereira de Souza Rosa

Coordenadora da Editora

Vanderleida Rosa de Freitas e Queiroz

Editora-Chefe da Tecnia

Vanderleida Rosa de Freitas e Queiroz

Editor-Adjunto

Marcos Vinícius da Costa Meireles

Editor-Assistente

Kepler Benchimol Ferreira

Editores de Seção

Adriano de Melo Ferreira

Alessandro S. de Oliveira

Almir Zandoná Júnior

Bruno César Barreto de Figueirêdo

Bruno Gabriel. G. L. Z. Vicente

Danielly Bandeira Lopes

Darlene Ana de Paula Vieira

Geisa Pires da Silva

Gustavo Louis Henrique Pinto

Ione Mendes Silva Ferreira

Júlio César de Souza

Jucélio Costa de Araújo

Lidiane Maria dos Santos

Marlon André Capanema

Maria Aparecida Rodrigues de Souza

Rita Rodrigues de Souza

Projeto Gráfico e Capa

Pedro Henrique Pereira de Carvalho

Diagramação, Revisão e Normalização

Coelum Editorial

Revisão de Língua Estrangeira

Coelum Editorial (inglês)

Rita Rodrigues de Souza (espanhol)

Apoio

A revista Tecnia conta com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg)

Imagens da Capa

Obra: Ciclo das Estrelas

Autora: Paulo Eduardo Alves Santana

Técnica: Aquarela

Dimensões originais: 42x29 cm

Conselho Científico

ADRIANA GOMES DICKMAN

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC/MG), Brasil

ÂNGELO MÁRCIO LEITE DENADAI

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

ANNA MARIA CANAVARRO BENITE

Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil

CARLOS FERNANDO DA SILVA RAMOS

Instituto Politécnico do Porto (IPP), Portugal

CELINA CASSAL JOSETTI

Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEDF), Brasil

CIBELE SCHWANKE

Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), Brasil

DIÓGENES BUENOS AIRES DE

CARVALHO

Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Brasil

EDÉSIO FIALHO DOS REIS

Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil

EDUARDO MARTINS GUERRA

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brasil

ENOQUE FEITOSA SOBREIRA FILHO

Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Brasil

EVA TEIXEIRA DOS SANTOS

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Brasil

FERNANDO ANTONIO BATAGHIN

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil

FERNANDO FÁBIO FIORESE FURTADO

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

INALDO CAPISTRANO COSTA

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil

IRIA BRZEZINSKI

Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC/GO), Brasil

JEANE SILVA FERREIRA

Instituto Federal do Maranhão (IFMA), Brasil

Pareceristas

ADRIAN PABLO HINOJOSA LUNA (UFMG)

ANGELA CUSTÓDIA GUIMARÃES QUEIROZ (IFG)

AMANDA RODRIGUES MARQUI (MEC)

CARLA DE FÁTIMA CORDEIRO (IFMT)

CÁSSIO XAVIER ROCHA (IFG)

DANIELLY BANDEIRA LOPES (IFG)

DANNILO CARVALHO BORGES (IFG)

ELIANE DELAMAR ROQUE (UFBA)

FÁBINER DE MELO FUGALI (IFSC)

HELEN LIMA DE ANDRADE (UFG)

JÉSSICA AZEVEDO COELHO (IFG)

JOÃO ERASTOSTENES DOULGRAS CARDOSO (IFG)

JOSÉ ANTÔNIO ALEIXO DA SILVA (UFRPE)

JULLYANA BORGES DE FREITAS (IFG)

LIANA DE LUCCA JARDIM BORGES (IFG)

LUCAS JOSÉ OLIVEIRA GOMES DOS SANTOS (IFG)

MABEL PETERSEN PRUDENTE (IFG)

MARYSSON JONAS RODRIGUES CAMAGO (IFG)

MOEMA PATRÍCIA BARROS DE CASTRO (IFG)

NAYARA JOYSE SILVA MONTELES (IFG)

PATRÍCIA CARVALHO DE OLIVEIRA (IFG)

RENATHA CÂNDIDA DA CRUZ (IFG)

RITA RODRIGUES DE SOUZA (IFG)

SAYMON DA SILVA SIQUEIRA (UFG)

TATIELIH PARDIM DE OLIVEIRA XAVIER (IFG)

THIAGO VEDOVATTO (IFG)

WILLIAN MARTINS LEÃO (CEFET-MG)

Sumário

| | |
|--|-----------|
| Editorial | 6 |
| MARCOS VINÍCIUS DA COSTA MEIRELES | |
| A percepção do leitor sobre o discurso da violência contra a mulher na perspectiva dos estudos críticos do discurso | 10 |
| MARCOS DANIEL CARVALHO TEIXEIRA MARIA CRISTINA MORAIS DE CARVALHO | |
| Um estudo iterativo acerca do discurso do sucesso midiático: um quadro revisionista | 23 |
| THIAGO BARBOSA SOARES | |
| Os institutos federais no enfrentamento à covid-19: uma análise com auxílio da tecnologia da informação | 35 |
| ELISA ELISA MISSAE YAMASHITA UMEZU CLÁUDIO NEI NASCIMENTO DA SILVA ELCIO UMEZU | |
| Gamificação na educação: as bases neurológicas e psicológicas para sua utilização | 47 |
| RÔMULO BATISTA DA SILVA JACKS RICHARD DE PAULO | |
| Os avanços e os desafios da educação escolar indígena no Brasil | 65 |
| FIDELINA MARIA CANDIDO PINTO GIOVANA CAROLINE PINTO | |
| Análise econômica de multiprodutos de um povoamento de eucalipto em curta rotação | 79 |
| HÉLIO ANTÔNIO DE OLIVEIRA JUNIOR EDMILSON SANTOS CRUZ THELMA SHIRLEN SOARES | |
| Bayesian Probabilistic Modeling applied to some environmental data using PyMC | 92 |
| FERNANDO SCHIMIDT CLEVELAND LEMOS FREIRE LUIZA CINTRA CAMPOS MARIÂNGELA FONTES SANTIAGO | |

Análise da perspectiva popular dos impactos causados por pedreira em área urbana do Espírito Santo 106

HEMILLY BARBOSA DE OLIVEIRA PIANTAVINHA
DANIELE ORTELAN FANCHIOTTI
VITOR LUCAS BARBOSA RAMOS
NATAN SIAN DAS NEVES

Avaliação da resistência à compressão e da durabilidade de tijolos de solo-cimento com solo paraense da região de Tucuruí, Brasil 125

STHEPHANI LEITE FONSECA
MARIA GORETT S. MARQUES
RODRIGO RODRIGUES DA CUNHA
BRUNNO DOURADO SILVA
EDGAR BACARJI
ANDRIELLI MORAIS DE OLIVEIRA

Otimização do movimento de um robô móvel por meio de algoritmos evolucionários 142

WILLIAN MARTINS LEÃO
FABIANA ALVES PEREIRA

EDITORIAL

Um sinal amarelo!

Desconfiai do mais trivial,
na aparência singelo.
E examinai, sobretudo, o que parece habitual.
Suplicamos expressamente:
não aceiteis o que é de hábito
como coisa natural.
Pois em tempo de desordem sangrenta,
de confusão organizada,
de arbitrariedade consciente,
de humanidade desumanizada,
nada deve parecer natural.
Nada deve parecer impossível de mudar.

(Bertolt Brecht)

Os fenômenos extremos, cada vez mais frequentes e intensos, que assolam o planeta, os recordes nas temperaturas das cidades, as secas e enchentes catastróficas, além de outros gemidos da terra, evidenciam a realidade das mudanças climáticas. O poema de Brecht soa como uma advertência à insensibilidade e um convite à constante vigilância. Aqui, utilizamos essa exortação para pensar a nossa relação com nossa casa comum, a Terra. Estamos assistindo a uma aceleração insólita do aquecimento global, tratado por muitos como algo natural e inevitável, mascarado pela bandeira do progresso.

Brecht nos aconselha: *“nada deve parecer natural. Nada deve parecer impossível de mudar”*. Apesar dos esforços dos negacionistas climáticos, que insistem em questionar evidências científicas e promover o ceticismo, os fatos falam por si. Em maio de 2024, eventos extremos, como as chuvas torrenciais que submergiram cidades gaúchas, deixaram um rastro de destruição: 2,4 milhões de pessoas afetadas, 478 municípios atingidos, totalizando 183 mortes, 27 desaparecidos e 806 feridos, segundo o último boletim da Defesa Civil do Estado (Rio Grande do Sul, 2024).

Somado a isso, nesse mesmo ano, em comparação com 2023, os biomas brasileiros enfrentaram recorde em queimadas, com aumento de 43,7% na Amazônia, 64,2% no Cerrado e 139% no Pantanal, segundo o Programa Queimadas, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). Em relação ao cerrado, em setembro, a Floresta Nacional de Brasília (Flona) teve 2.586 ha, o equivalente a 45,85% da unidade de conservação federal, destruídos pelo fogo, que durou três dias. A suspeita é que seja um incêndio criminoso. No mesmo mês, o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, em Alto Paraíso de Goiás/GO, teve 10,4 mil hectares consumidos pelo fogo; e, fora dos limites do parque, outros 10,1 hectares também foram queimados, segundo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

O filósofo Latour (2020), em *Diante de Gaia*, aborda a crise climática como o sintoma de uma ruptura profunda na relação entre o humano e o planeta. Ele argumenta que a modernidade construiu uma narrativa de dominação da natureza, separando os seres humanos do mundo natural e tratando a Terra como um recurso infinito. Para o filósofo, essa separação é uma ilusão perigosa que nos levou à atual crise ecológica. Assim, ele propõe repensar nossa relação com a Terra, entendendo-a não como um pano de fundo inerte, mas como um ator dinâmico e reativo. Ele usa a figura de Gaia,

inspirada na hipótese de James Lovelock, segundo a qual a Terra é representada como um sistema complexo e interconectado, onde as ações humanas têm consequências imprevisíveis e muitas vezes catastróficas.

Embora a crise climática seja um fenômeno complexo, sabe-se que as ações humanas estão intrinsecamente relacionadas a ela, seja pelo aumento da concentração de gases de efeito estufa, pelo desmatamento e mudança no uso da terra, pela queima de combustíveis fósseis, pela agricultura e pecuária intensivas, bem como pela industrialização e pelo consumo excessivo. Se há um esforço global para mitigar os efeitos do aquecimento do planeta, a eleição do quadragésimo sétimo presidente dos Estados Unidos da América parece ir na direção contrária – seja pelo seu lema “*drill, baby, drill*”, ou mesmo por retirar o país do Acordo de Paris como uma das primeiras medidas de governo. Fato é que Gaia não é uma deusa benevolente, e sim uma força que responde às ações humanas de maneiras que desafiam nosso controle e intervenção. O sinal está amarelo!

“Suplicamos expressamente: não aceiteis o que é de hábito como coisa natural”, este é o posicionamento do pesquisador, mantendo-se vigilante em sua postura crítica sobre o habitual. Com mais esta edição, a *Revista Tecnia* cumpre seu escopo de ser um veículo permanente de diálogo científico e educacional, de orientação pluralista e multidisciplinar, que visa reunir os trabalhos dos profissionais e pesquisadores nas diversas áreas do conhecimento e fomentar as inter-relações entre educação, ciência, tecnologia, cultura e sociedade.

Esta edição conta com dez artigos originais, compondo as quatro seções da *Revista Tecnia*. Na seção de Ciências Humanas e Sociais, Letras e Artes, Marcos Daniel Carvalho Teixeira (Seduc/TO) e Maria Cristina Morais de Carvalho (IFG), a partir de uma oficina de leitura de notícias com estudantes do ensino médio, discutem *A percepção do leitor sobre o discurso da violência contra a mulher na perspectiva dos estudos críticos do discurso*. E, diante da concepção segundo a qual o sucesso midiático constitui um percurso de sentidos tecidos no interior da dispersão de produtos consumidos nos materiais de divulgação de informações, no artigo *Um estudo iterativo acerca do discurso do sucesso midiático: um quadro revisionista*, Thiago Barbosa Soares (UFT) propõe analisar criticamente as investigações já realizadas e publicadas acerca da problemática do discurso do sucesso midiático, sob a perspectiva da Análise do Discurso.

Na seção de Educação e Ensino são apresentados três artigos. Em *Os institutos federais no enfrentamento da covid-19: uma análise com auxílio da tecnologia da informação*, Elisa Missae Yamashita Umezu (IFB), Cláudio Nei Nascimento da Silva (IFB) e Elcio Umezu (Conab) descrevem as decisões tomadas pelos institutos federais (IFs) para mitigar os efeitos da pandemia nas atividades educacionais desenvolvidas por essas instituições. No artigo *Gamificação na educação: as bases neurológicas e psicológicas para sua utilização*, Rômulo Batista da Silva (IFNMG) e Jacks Richard de Paulo (Ufop) revisam os estudos e as evidências empíricas que demonstram os benefícios da gamificação na educação, discutindo como esses mecanismos podem ser aplicados de forma eficaz para melhorar o desempenho acadêmico e o engajamento dos alunos. No artigo *Os avanços e os desafios da educação escolar indígena no Brasil*, Fidelina Maria Candido Pinto (IFTM) e Giovana Caroline Pinto (Uniube) relatam os avanços e as lutas enfrentadas pelos estudantes indígenas em busca do direito a uma educação que seja condizente com suas realidades.

Com um estudo cujo objetivo foi avaliar a viabilidade econômica da produção de clones de *Eucalyptus* spp., considerando um único produto e multiprodutos oriundos da madeira, Hélio Antônio de Oliveira Junior (UFJ), Edmilson Santos Cruz (UFJ) e

Thelma Shirlen Soares (UFJ) compõem a seção Ciências Agrárias, Biológicas e da Saúde com o artigo *Análise econômica de multiprodutos de um povoamento de eucalipto em curta rotação*.

A última seção desta edição, Ciências Exatas, da Terra e Engenharias, é composta de quatro artigos. No primeiro, intitulado *Bayesian Probabilistic Modeling applied to some environmental data using PyMC*, Fernando Schimidt (IFG), Cleveland Lemos Freire (IFG), Luiza Cintra Campos (University College London) e Mariângela Fontes Santiago (UFG), com base em um modelo BMP desenvolvido em Python e utilizando a biblioteca PyMC3, aplicam dois conjuntos de dados ambientais não lineares diferentes para demonstrar que modelos de aprendizado de máquina podem ser usados para prever problemas ambientais e até mesmo gerenciar sistemas e processos. No artigo *Análise da perspectiva popular dos impactos causados por pedreira em área urbana do Espírito Santo*, Hemilly Barbosa de Oliveira Piantavinha (Multivix Serra), Daniele Ortelan Fanchiotti (Multivix Serra), Vitor Lucas Barbosa Ramos (Multivix Serra) e Natan Sian das Neves (UFRJ) apresentam os principais impactos provenientes da detonação de rochas e pontuam quais desses são percebidos pelos moradores residentes do bairro Pitanga, em Serra/ES, localizado perto de uma pedreira em atividade. No artigo *Avaliação da resistência à compressão e da durabilidade de tijolos de solo-cimento com solo paraense da região de Tucuruí, Brasil*, Stephanie Leite Fonseca (UFPA), Maria Gorett S. Marques (Ufam), Rodrigo Rodrigues da Cunha (Ufam), Brunno Dourado Silva (UFG), Edgar Bacarji (UFG) e Andrielli Moraes de Oliveira (UFG) avaliam a resistência à compressão, a absorção de água e a durabilidade, por meio de ciclos de molhagem e secagem de tijolos de solo-cimento produzidos de forma artesanal com material da região do Pará. Por fim, no artigo *Otimização do movimento de um robô móvel por meio de algoritmos evolucionários*, os autores Willian Martins Leão (Cefet/MG) e Fabiana Alves Pereira (UFU) abordam a aplicação de algoritmos evolucionários com o intuito de encontrar a rota e os parâmetros ótimos de um controlador de movimento, visando aproveitar melhor a dinâmica de um robô móvel.

Externamos nossa gratidão aos pesquisadores das várias regiões e instituições – Sedec/TO, IFG, UFT, IFB, Conab, IFNMG, Ufop, IFTM, Uniube, UFJ, UFG, University College London, Multivix Serra, UFRJ, UFPA, Ufam, Cefet/MG e UFU – por terem nos confiado a tarefa de socializar seus textos. Agradecemos também aos editores de seção, que dedicaram tempo e esforço para que os artigos pudessem ser avaliados conforme os critérios estabelecidos, e, em especial, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg), por prover recursos para os serviços de revisão e edição desta edição, por meio de sua política de fomento.

Convidamos os leitores e as leitoras a realizarem uma apreciação crítica dos textos e a compartilharem esta publicação com todos aqueles que possam ter interesse nas temáticas abordadas.

Marcos Vinícius da Costa Meireles
Editor-Adjunto da *Revista Tecnia*



Referências

BRECHT, Bertolt. Nada é impossível de mudar. *Stylus*, Rio de Janeiro, n. 33, p. 293, 2016.

LATOUR, Bruno. *Diante de Gaia: oito conferências sobre a natureza no Antropoceno*. São Paulo/

Rio de Janeiro: Ubu Editora/Ateliê de Humanidades Editorial, 2020.

RIO GRANDE DO SUL. *Defesa Civil atualiza balanço das enchentes no RS – 20/8*. Rio grande do Sul: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2024. Disponível em: <https://www.estado.rs.gov.br/defesa-civil-atualiza-balanco-das-enchentes-no-rs-20-8>. Acesso em: 19 mar. 2025.

Submetido 24/03/2025. Aprovado 17/08/2025
Avaliação: revisão duplo-anônimo

A percepção do leitor sobre o discurso da violência contra a mulher na perspectiva dos estudos críticos do discurso

THE READER'S PERCEPTION ABOUT THE DISCOURSE OF VIOLENCE AGAINST WOMEN FROM THE PERSPECTIVE OF CRITICAL DISCOURSE STUDIES LE: HERE COMES THE TITLE IN ENGLISH

LA PERCEPCIÓN DEL LECTOR SOBRE EL DISCURSO DE LA VIOLENCIA CONTRA LA MUJER DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS ESTUDIOS CRÍTICOS DEL DISCURSO

Marcos Daniel Carvalho Teixeira
Secretaria de Educação do Tocantins
marcos.teixeira2@professor.to.gov.br

Maria Cristina Morais de Carvalho
Instituto Federal de Goiás (IFG)
maria.carvalho@ifg.edu.br

Resumo

Este artigo analisa o discurso sobre a violência contra a mulher brasileira encontrado na (re)escrita de uma estudante do ensino médio que participou de uma oficina de leitura de notícias. Para a análise qualitativa, foram selecionados o comentário da aluna e a reescrita da manchete e do *lead* de uma notícia escolhida sobre o caso da influenciadora digital Mariana Ferrer. O intuito do estudo é analisar a percepção crítica que a estudante tem em relação à notícia, destacando o abuso de poder e a desigualdade social enfrentada pelas mulheres, com base nos Estudos Críticos do Discurso (ECDs) e na Teoria da Inferência Sugerida (Traugott; Dasher, 2005). Os resultados mostraram que os sentidos (inter)subjetivos são ativados por meio de associação metonímica, na qual a figura da influenciadora Mariana Ferrer se projeta como símbolo do descaso diante das inúmeras formas de violência sofridas pelas mulheres brasileiras. Isso sugere a conscientização da estudante quanto às relações de poder assimétricas às quais as mulheres estão submetidas, reproduzidas no (e pelo) discurso por meio da polarização NÓS versus ELES. O estudo aponta, ainda, a importância de intervenções no âmbito escolar que priorizem a leitura crítica como ferramenta de reflexão e transformação social.

Palavras-chave: violência contra mulher; discurso; (re)escrita; leitura crítica; inferência sugerida.

Abstract

This article analyses violence's against Brazilian women discourse found in high school students (re)writing who participated in a news reading workshop. Student's headline and the lead comment and rewriting of a chosen news article about the digital influencer Mariana Ferrer's case were selected for qualitative analysis. The study purpose is to analyse the critical student's news perceptions indicating the power abuse and social inequality with women, through Critical Discourse Studies (ECD's) and the Invited Inference Theory (TRAUGOTT & DASHER, 2005) approaches. The results showed (inter)subjective meanings are activated through metonymic association, in which the influencer Mariana Ferrer figure's is projected as

a neglect symbol of the numerous violence forms suffered by Brazilian women. These results suggest student's awareness of the asymmetrical power relations to which women are subjected to, and that this is reproduced in (and through) the discourse through the polarization of US versus THEM, pointing the importance in school environment interventions prioritizing critical reading.

Keywords: violence against women; discourse; (re)writing; critical reading; invited Inference.

Resumen

Este artículo analiza el discurso sobre la violencia contra la mujer brasileña encontrado en la (re)escritura de una estudiante de enseñanza media, que participó de un taller de lectura de noticias. Se seleccionaron para el análisis cualitativo el comentario de la alumna la reescritura del titular y el *lead* de una noticia elegida sobre el caso de la influencer digital Mariana Ferrer. El objetivo del estudio es analizar la percepción crítica que la estudiante tiene de la noticia señalando el abuso de poder y la desigualdad social contra las mujeres, a través de los Estudios Críticos del Discurso (ECD) y de la Teoría de la Inferencia Sugerida (Traugott; Dasher, 2005). Los resultados mostraron que los sentidos (inter)subjetivos son activados por la asociación metonímica, en la que la figura de la influencer Mariana Ferrer se proyecta como símbolo del descuido con las innumerables formas de violencia sufridas por las mujeres brasileñas. Esto sugiere la concienciación de la estudiante ante las relaciones de poder asimétricas a las que las mujeres están sometidas, y que esto se reproduce en (y por) el discurso por medio de la polarización NOSOTROS versus ELLOS, indicando la importancia de intervenciones en el ámbito escolar que prioricen la lectura crítica.

Palabras clave: violencia contra la mujer; discurso; (re)escritura; lectura crítica; inferencia sugerida.

Introdução

A terceira edição do relatório do Fórum Brasileiro de Segurança Pública referente ao monitoramento e à avaliação da violência doméstica contra a mulher de 2021 apontou um aumento substancial nas estatísticas nos casos de violência contra a mulher durante a pandemia de covid-19, pois, além do isolamento social, esse quadro é agravado pelas desigualdades raciais, de gênero, socioeconômicas, etárias, entre outras (Bueno *et al.*, 2021). Diante dos resultados, o relatório sugere a diversificação das ações de combate e prevenção da violência contra mulher.

Nesse sentido, a proposição de práticas de ensino que estimulem o debate e a reflexão sobre o assunto é extremamente necessária, visto que a produção e compreensão dos significados discursivos mostram a percepção do leitor referente à violência contra a mulher, apresentando as definições entre o macro e micro no discurso do texto. Van Dijk (2005, p. 41) enfatiza que “as razões discursivas, cognitivas e sociais, os tópicos do discurso desempenham um papel fundamental na comunicação e na interação”.

Desse modo, neste trabalho apresentamos parte dos resultados gerados em uma oficina oferecida aos alunos do ensino médio técnico do Instituto Federal de Goiás (IFG)/Câmpus Goiânia.¹ Com o intuito de analisar as práticas de leitura crítica dos alunos, mediante o pressuposto de que o discurso das notícias é manipulado,

¹ A oficina *Fake news: discurso de manipulação e leitura de notícias* foi elaborada e aplicada como parte da pesquisa de conclusão de curso intitulada *Letramento midiático e a manipulação do discurso jornalístico no gênero notícia: uma proposta de intervenção no ensino médio técnico integrado*. Essa pesquisa contou com a participação de 13 estudantes do primeiro ano do ensino médio técnico integrado do IFG/Câmpus Goiânia e foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do IFG, protocolo número: 48653421.7.0000.8082.

evidenciando o caráter informativo e opinativo do gênero, propusemos essa oficina de leitura de notícias, na qual os participantes selecionaram uma notícia para avaliar e, posteriormente, reescrever, com base em suas percepções e no aprendizado que tiveram durante a oficina (Teun; Van Dijk, 2002).

No entanto, um dado chamou a atenção durante o processo de análise: grande parte das notícias selecionadas pelos participantes estavam relacionadas à temática da violência contra a mulher. Sendo assim, surgiram outras questões: como as estudantes² perceberam as relações de abuso de poder nas notícias sobre violência contra a mulher? E, a partir dessa percepção, como essa relação é reelaborada por elas? Essa reelaboração contribui para uma visão mais crítica dessas estudantes e, conseqüentemente, contribui para o combate e a prevenção da violência contra a mulher? Discutiremos essas questões neste artigo por meio da análise de uma notícia sobre o caso da influenciadora digital Mariana Ferrer, selecionada por uma das participantes da pesquisa.

Para realizarmos esta análise, nosso referencial teórico principal serão os Estudos Críticos do Discurso (Van Dijk, 2002, 2005, 2015, 2018). Além disso, a Teoria da Inferência Sugerida (TIS), desenvolvida por Traugott e Dasher (2005), será útil para mapear a presença de manipulação dos sentidos presentes nas notícias pesquisadas, por meio do viés pragmático e cognitivo. Já o referencial metodológico dessa pesquisa é qualitativo, uma vez que é possível termos a compreensão do fenômeno mediante variadas perspectivas. Sendo assim, o artigo se divide nas seções: fundamentação teórica, metodologia, análise de dados, considerações finais e referências.

Referencial teórico

Os Estudos Críticos do Discurso

Os Estudos Críticos do Discurso (ECDs) consistem em uma disciplina vinculada à Análise do Discurso Crítica (ADC), contudo essas duas abordagens apresentam algumas divergências, visto que a ADC apresenta um método específico de análise, ao passo que os ECDs usam métodos de outras áreas para cumprir os objetivos da pesquisa (Chouliaraki; Fairclough, 1999; Fairclough, 2003).

De acordo com Fairclough (2016) “a ‘transformação’ aponta a luta ideológica como dimensão para remoldar a prática discursiva e as ideologias nelas construídas no contexto da reestruturação ou da transformação das relações de dominação” (Fairclough, 2016, p. 122). Desse modo, no discurso ideológico, o autor também pontua a probabilidade da asserção de materiais para investigar “em várias dimensões das formas/sentidos das práticas discursivas e que contribuem para a produção, a reprodução ou a transformação das relações de dominação em determinados usos da linguagem” (Fairclough, 2016, p. 122).

Já na perspectiva de Van Dijk *et al.* (2018), o discurso ideológico se define por posições gerais e abstratas em diferentes domínios sociais. O autor ressalta que são categorias grupais com opiniões dos diferentes saberes que são organizadas ideologicamente como “critérios de pertencimento, atividades, propósitos, valores/normas, posição social

² Usamos o termo estudantes no feminino porque todas as notícias relacionadas ao tema foram coletadas por estudantes do sexo feminino, e, como vamos analisar dados de língua escrita, não há como mensurar o alcance da leitura com relação aos participantes do sexo masculino, que também tiveram acesso aos textos e às discussões orais em ambiente virtual de aprendizagem.

e recursos” (Van Dijk *et al.*, 2018, p. 219-220). O objeto de estudo dos ECDs é a “reprodução discursiva de abuso de poder e desigualdade social” (Van Dijk *et al.*, 2018, p. 9). Nesse sentido, é possível desenvolver uma análise pautada nessa abordagem teórica, a partir do micronível e macronível de interação discursiva, que contribui para os conhecimentos e a ativação das práticas de análises. O autor pontua que o interesse de estudo dos ECDs pode ser específico:

Uma entonação específica, um pronome, uma manchete jornalística, um tópico, um item lexical, uma metáfora, uma cor ou um ângulo de câmera, entre uma gama de outras propriedades semânticas do discurso, se relacionam a algo tão abstrato e geral como as relações de poder na sociedade (Van Dijk, 2010, p. 9).

Nessa perspectiva, fizemos um recorte da abordagem proposta, partindo do pressuposto de que podemos analisar as práticas de abuso de poder cometidas contra as mulheres a partir dos detalhes expostos em uma notícia de jornal, enfatizando que sempre há diversas formas para analisarmos textos e imagens com essa temática nos ECDs. Dessa forma, pontuamos que nos ECDs “encontramos a habitual interação entre teoria, métodos de observação, descrição ou análise, e suas aplicações” (Van Dijk *et al.*, 2018, p.10).

Com isso, um dos pontos de análise relevantes é a manipulação discursiva. Van Dijk *et al.* (2018, p. 234), afirmam que a manipulação é “o exercício de uma forma de influência deslegitimada por meio do discurso” (Van Dijk *et al.*, 2018, p. 234). E isso é negativo, tendo em vista que viola as práticas discursivas e as normas de comunicação social, reproduzindo e disseminando as práticas de violência. Van Dijk (2005) ainda ressalta que uma notícia pode ter níveis sociais específicos dentro de um determinado discurso, isso é exposto claramente, considerando que, historicamente, as mulheres sofrem o abuso, a dominação e a reprodução da desigualdade.

Desse modo, Van Dijk *et al.* (2018) ressaltam que a manipulação ocorre em vários níveis discursivos, com o objetivo de apontar ações positivas e negativas entre NÓS versus ELES. Essa polarização discursiva de NÓS apresenta a representação positiva de um determinado grupo social – o grupo dominante –, enquanto ELES está associado à representação negativa dos grupos dominados socialmente. Essas representações revelam o caráter opressor dos fatos promovidos pelos grupos dominantes, os quais se refletem nas estruturas dos significados locais, nos léxicos, nas figuras retóricas, nas metonímias e metáforas, bem como nas macroestruturas semânticas. Tais elementos estabelecem um quadro de estratégias e movimentos vinculados aos discursos ideológicos (Van Dijk *et al.*, 2018).

À vista disso, enfatizamos que a percepção do leitor ocorre a partir das manipulações presentes no texto noticioso ao referir-se à desigualdade social, exposta no caso Mari Ferrer. De fato, a notícia explicita um discurso informativo, mas, por meio das leituras críticas dos vários aspectos expostos no texto jornalístico e ao compreendermos tais discursos, podemos opinar, levando em consideração que o “controle e reflexão consciente do leitor, torna esse sujeito na interação não apenas um leitor proficiente, mas também, muito mais importante, um leitor crítico” (Kleiman, 2002, p. 11).

Portanto, a teoria dos Estudos Críticos de Discurso e a Teoria da Inferência Sugerida dialogam por intermédio do (re)conhecimento, da flexibilidade e da autoconsciência do leitor, a partir do caso noticiado sobre a blogueira Mariana Ferrer, expondo o micronível e o macronível estrutural do conhecimento linguístico, incluindo as associações de sentido da linguagem crítica por meio da influência discursiva na

interação comunicativa, conversacional e interacional das práticas manipulativas. Na seção a seguir, apresentamos os princípios da TIS, que também subsidiarão a análise dos dados.

Teoria da Inferência Sugerida em diálogo com os Estudos Críticos do Discurso

A Teoria da Inferência Sugerida foi formulada por Traugott e Dasher (2005)³ e refere-se ao processo de mudança semântica e à convencionalização dos sentidos da língua em uso, ou seja, palavras, construções ou enunciados que os falantes podem reinterpretar de mais de uma maneira. Essa reinterpretação pode ser desencadeada tanto por fatores internos cognitivos quanto por estratégias comunicativas.

Para os autores, essa teoria se propõe a analisar as trajetórias da mudança semântica, quer dizer, polissemias pragmáticas que ocorrem em eventos específicos de interação, tornam-se polissemias semânticas por força do contexto. Esse processo é gradual e explica a trajetória de mudanças da língua,⁴ porém não exclui a análise de eventos individuais dos usos como possibilidades de inovação (Traugott; Trousdale, 2021).

Nesse contexto, a inferência sugerida é viabilizada por meio dos sentidos construídos na interação e dos mecanismos de transferência e associação dos sentidos, que são os mecanismos da subjetividade e intersubjetividade (Dias, 2015). Além disso, os processos da metáfora e da metonímia garantem todo o processo de mudança semântica. Com efeito, Traugott (2010) afirma que essas motivações atuam de modo integrado ao processo.

O conceito de subjetividade é baseado nos pressupostos de Benveniste (1976, p. 286), os quais compreendem que “é na linguagem e pela linguagem que o homem se constitui como sujeito”, ou seja, os falantes constituem suas vivências discursivas na (e pela) linguagem. Em decorrência disso, o conceito de (inter)subjetividade se valida, pois “não emprego um eu a não ser dirigindo-me a alguém, um tu”.

Desse modo, ao trazer esses conceitos para a TIS, Traugott (2010, p. 2) afirma que “expressões (inter)subjetivas têm como objetivo marcar a atitude ou o posicionamento do falante (subjetividade) com foco na autoimagem do seu interlocutor (intersubjetividade)”. Assim sendo, é esse movimento que aciona a mudança semântica e linguística sugerida pelos interlocutores no jogo da interação verbal entre si, tendo em vista a recomposição dos sentidos pelas vias da metáfora e da metonímia, bem como das crenças, dos valores, do grau de comprometimento etc. (Dias; Abraçado; Lima-Hernandes, 2017).

Nessa perspectiva, a metáfora estabelece uma estratégia cognitiva de propagação da recomposição dos sentidos, uma vez que conceitos abstratos, de difícil compreensão, são conceptualizados em termos mais concretos (Martelotta, 2011). Já a metonímia associa-se ao discurso, pois ativa as implicaturas linguísticas no contexto sintagmático extralinguístico particular, a partir da tensão entre, segundo Rosário

³ O termo *invited inference* ou, em português, inferência sugerida/pragmática, foi cunhado por Geis e Zwicky (1971) ao analisarem as sentenças condicionais em inglês pelo viés da lógica.

⁴ Há várias teorias para explicar a mudança linguística, uma delas é a Linguística Centrada no Uso (LCU), que, segundo Martelotta (2011, p. 56), é uma “abordagem que não se limita à observação de aspectos formais, ou da difusão das formas pela estrutura social, incorporando, em suas análises, dados semânticos, pragmáticos e discursivos”. Apesar da LCU não ser o referencial teórico da pesquisa, ela dialoga com os referenciais por nós escolhidos, pois estão interligados com o processo das mudanças na linguagem discursiva. Assim, destacamos a teorização da inferência sugerida, os conceitos de subjetividade e intersubjetividade, a metáfora e a metonímia.

(2015), o falante dizer apenas o necessário e o ouvinte selecionar/interpretar a informação que ele considera mais relevante.

Diante dos conceitos e mecanismos que sustentam a TIS apresentados, constatamos que essa abordagem se mostra relevante para analisar como os participantes da pesquisa constroem as suas leituras das relações de abuso de poder nas notícias que tratam da violência contra a mulher. Por meio da (inter)subjetividade, os falantes são capazes de compreender novos sentidos; e, com isso, surgem os vários fatores que podem contribuir para a manipulação – ou a desconstrução – dos sujeitos envolvidos no discurso. Por outro lado, as projeções metafóricas e metonímicas sustentam a manutenção e disseminação da recombinação de sentidos alcançados por meio das relações (inter)subjetivas (Dias, 2013).

Desse modo, a teoria da inferência sugerida estabelece um diálogo de análise com os estudos críticos do discurso, considerando que as relações de poder e dominação representadas discursivamente são mediadas pela cognição pessoal e social (Van Dijk, 2015). Diante disso, é previsto no escopo dos estudos críticos do discurso a interação entre distintas abordagens e métodos. Por essa razão, a inferência sugerida mostra-se importante para a teorização e análise dos textos noticiosos e para a percepção dos participantes da pesquisa acerca das relações de abuso de poder no discurso sobre a violência contra a mulher em notícias. Com base na teorização feita nesta seção, discorreremos, a seguir, sobre a abordagem metodológica de geração e análise de dados.

Referencial metodológico

Para alcançar os objetivos propostos pela pesquisa, os princípios da pesquisa qualitativa mostram-se adequados, pois permitem a interação entre diversas modalidades que se encontram nesse espectro metodológico. Diante disso, apresentamos o itinerário metodológico que orientou a geração e análise dos dados.

Para gerar os dados, escolhemos a pesquisa-ação como referencial metodológico de apoio por se tratar de uma intervenção escolar. Para Tripp (2005, p. 445) “a pesquisa-ação educacional é principalmente uma estratégia para o desenvolvimento de professores e pesquisadores de modo que eles possam utilizar suas pesquisas para aprimorar seu ensino e o aprendizado de seus alunos”. Desse modo, afirmamos que a pesquisa-ação tem ações, estratégias e mudanças que o pesquisador compreende e respeita, por isso usamos as palavras-chave: planejar, implantar, descrever e avaliar para alcançar os objetivos da pesquisa.

Logo, para instrumentalizar as etapas da nossa ação, desenvolvemos uma oficina por intermédio de uma sequência didática no ensino remoto, com encontros síncronos por meio das plataformas Moodle e Google Meet, realizada com os discentes do ensino médio técnico integrado do IFG/Câmpus Goiânia, com intuito de observar o olhar crítico na percepção do leitor por meio da notícia, coleta e (re)escrita da participante (Dolz; Noverraz; Schneuwly, 2004).

A sequência didática para Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004, p. 96-97), é “um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um gênero textual oral ou escrito, ou seja, tem como finalidade o desenvolvimento do aluno, permitindo uma escrita ou fala mais adequada de acordo com a situação.” Com

isso, sintetizamos esse conhecimento e aplicamos na oficina, cujo título foi *Fake news: discurso de manipulação e leitura de notícias*.⁵

Com efeito, a oficina foi dividida em cinco encontros, uma vez por semana, sendo desenvolvida a retomada do gênero notícia e leitura crítica, com explicações sobre manipulação e produção inicial, em seguida houve a análise com os discentes da manipulação presente nas notícias coletadas por elas(es). Após a participação da professora e jornalista Letícia Sallorenzo, que compartilhou suas experiências sobre o letramento midiático para os alunos, houve a elaboração da reescrita das notícias coletadas, com a troca de experiências e, posteriormente, o retorno da atividade reescrita e a avaliação da oficina pelos participantes.

Assim, a geração de dados iniciou-se com a preparação e execução de uma sequência didática, tendo como resultado inicial 13 notícias coletadas e comentadas sobre violência contra a mulher; violência em geral, entretenimento; ciência; fatos cotidianos; educação indígena, saúde, higiene e políticas públicas, apontando que “a consciência crítica é a representação das coisas e dos fatos como se dão na existência empírica” (Freire, 1967, p.105).

Em consequência das atividades propostas, foram coletadas 13 notícias, que geraram, respectivamente, os comentários e as versões reescritas dos estudantes, mas, para análise, selecionamos apenas uma das notícias coletadas por uma das participantes (*Justiça mantém absolvição de acusado de estuprar Mariana Ferrer*), que trata da violência institucional sofrida pela digital influencer Mariana Ferrer.

Nesse sentido, analisamos a escrita do comentário, a reescrita da manchete e do *lead*, comparando com a notícia original, observando a percepção do discurso da participante acerca das manipulações expostas no texto jornalístico. Para isso, observamos a polarização entre NÓS versus ELES no discurso da participante, a partir das relações de (inter)subjetividade e dos mecanismos de metáfora e metonímia que operacionalizam as possíveis inferências sugeridas no discurso da violência contra a mulher. A seguir, os resultados da nossa análise.

Análise de dados: o mapeamento da polarização do discurso no texto da participante

Nesta seção, analisaremos o comentário e a (re)escrita da manchete e do *lead* da notícia coletada por uma das participantes acerca do caso da digital influencer Mariana Ferrer. Diante da proporção da violência cometida contra Mariana Ferrer, foi criada a Lei n.º 14.245, de 22 de novembro de 2021, para proteger as mulheres vítimas de violências (Brasil, 2021). Nesse caso, a notícia está conectada a fatos atuais, tratando-se de uma temática muito importante para a sociedade, pois denuncia o abuso de poder e a desigualdade social. Os dados são apresentados no Quadro 1:

⁵ Essa oficina foi desenvolvida na pesquisa para elaboração do trabalho de conclusão de curso. No entanto, neste artigo ela é citada como base de dados para a elaboração de matérias que contribuam com a educação brasileira. Com isso, consideramos uma única notícia, que trata o caso da violência contra a mulher coletada, comenta e é (re)escrita por uma das participantes da pesquisa.

| Manchete da notícia coletada pela participante | Comentário da participante | Reescrita da manchete e do lead pela participante |
|--|---|--|
| Justiça mantém absolvição de acusado de estuprar Mariana Ferrer (Mari, 2021). | O motivo da escolha da notícia foi o descaso que ocorre com mulheres vítimas desse tipo de crime, que, apesar de ser absurdo, ainda vemos diversos casos de impunidade contra o agressor. | Justiça mantém decisão sobre o caso da blogueira Mari Ferrer. O tribunal de justiça catarinense decidiu continuar com a decisão já antes dada em tribunal no caso de estupro cometido pelo empresário André Aranha contra a blogueira Mari Ferrer. |

Quadro 1 - Reescrita da manchete e *lead* da notícia selecionada pela participante 1
 Fonte: Dados gerados pelos pesquisadores.

Para Van Dijk *et al.* (2018), a estrutura do discurso pode ser analisada por meio dos níveis macro e micro dos sentidos das palavras e enunciados no comentário da participante. Sendo assim, do ponto de vista do micronível, a participante, ao escrever “o motivo da escolha da notícia foi **o descaso que ocorre com mulheres** vítimas desse tipo de crime”, faz uma projeção metonímica a partir da figura da Mari Ferrer como símbolo de representatividade feminina, por meio da palavra *mulheres*.

A associação metonímica estabelecida entre o termo *mulheres* e Mari Ferrer feita pela estudante no comentário aciona uma implicatura que leva o leitor (do comentário) a inferir que a influenciadora não foi a única a sofrer com a violência institucional judiciária. Além disso, como a proposta da atividade era que o comentário justificasse a escolha da notícia, ou seja, ter um teor argumentativo, essa associação, por meio da implicatura, é o recurso que a estudante usa para construir a sua justificativa.

Com isso, a participante causa um efeito de interpretação no leitor, pois, ao mesmo tempo que a associação metonímica entre Mari Ferrer e as demais mulheres é uma constituição subjetiva (Rosário, 2015), ela é também (inter)subjetiva, uma vez que as metonímias resultam das experiências cotidianas e dos sistemas metafóricos coerentes, compartilhados entre os falantes (Lakoff; Johnson, 2002). Portanto, a estudante faz uso dessa metonímia com o objetivo de estabelecer a sua autoimagem diante do leitor do comentário.

Diante disso, a participante, ao comentar usando a palavra *descaso*, deixa implícito o abuso de poder exercido pelas autoridades contra a influenciadora. A palavra *descaso*, por ser um substantivo masculino, pode ser interpretada como um reforço simbólico da masculinidade, evidenciando a desconsideração com relação às mulheres. Nesse sentido, podemos concluir que essa negligência referente à violência contra a mulher resulta na impunidade do agressor, o que, por sua vez, configura-se como um abuso de poder e uma forma de desigualdade social perpetuada pelas autoridades.

No tocante a isso, a palavra *descaso* no comentário da participante sobre o caso Mari Ferrer está relacionada à metonímia, por agregar uma parte pelo todo, ou seja, uma única palavra refere-se à violência no geral. Por outro lado, a discente relatou que o caso Mariana Ferrer não recebeu a atenção necessária do tribunal porque foi julgado por homens, e estes não entendem o sofrimento que uma vítima de abuso sente, conseqüentemente as autoridades, ao julgar casos como esse, absolvem o agressor.

No que diz respeito à análise do macronível, compreendemos que a notícia sobre Mari Ferrer faz emergir inúmeros outros casos de mulheres vítimas desse tipo de violência, os quais apontam para o reconhecimento da assimetria nas relações de poder. Van Dijk *et al.* (2018, p. 40) afirmam que o abuso de poder de um grupo superior é causado pela “riqueza, posição, posto, status, autoridade, conhecimento, habilidade, privilégios ou mesmo o mero pertencimento a um grupo dominante ou majoritário”. No

comentário em análise, a participante percebe que o abuso de poder contribui para a manutenção do descaso com mulheres vítimas de violências.

Outra palavra analisada na escrita da estudante é o adjetivo *absurdo*, demonstrando a indignação da estudante devido à falta de comprometimento das autoridades com o caso da blogueira e, ao mesmo tempo, remete aos demais casos de violência. Sendo assim, a associação metonímica, por meio do sentido da palavra *absurdo*, está implícita no comentário da aluna, remetendo à maneira irracional como são tratados os casos que ocorrem com as vítimas de violência feminina. Além disso, por meio do caso noticiado da blogueira Mariana Ferrer, evidencia-se que outros tipos de violência contra mulheres podem ser visualizados e combatidos na sociedade contemporânea.

Nesse sentido, Van Dijk e Teun (2002, p. 16) ressaltam que há “um processo estratégico no qual a representação mental na memória é construída a partir do discurso, usando informações internas e externas”. Sendo assim, a escrita da discente se constitui a partir de uma compreensão feminina por ser mulher, mas também por ter contato com diversas práticas sociais que levam a estudante a perceber a polarização NÓS versus ELES (Van Dijk, 2010).

Dessa maneira, Van Dijk *et al.* (2018) afirmam que há várias questões cruciais e fundamentais nesse discurso manipulador entre NÓS versus ELES, ressaltando que esse conflito está extremamente ligado à metáfora e à metonímia e enfatizando a positividade e a negatividade. Portanto, o discurso da integrante sobre o “descaso que ocorre com as mulheres” retrata o NÓS, influenciando a polarização ideológica e mostrando que é necessário desconstruir esse abuso de poder. Segundo a participante no seu discurso oral, é necessário que as mulheres ocupem cargos nos tribunais de justiça brasileiros, pois isso impedirá a desigualdade social com mulheres vítimas de violências.

Assim, ao discorrer sobre a “impunidade contra o agressor”, ela faz menção a ELES, associando o discurso de superioridade e abuso de poder por parte das autoridades ao julgar o caso Mariana Ferrer injustamente. Portanto, as inferências do cotidiano mostram que a participante conseguiu fazer uma leitura crítica das relações assimétricas de poder por meio da polarização NÓS versus ELES.

Em relação à reescrita da notícia, observamos que a aluna substitui na manchete “absolvição por decisão” e de “acusado de estuprar Mariana Ferrer” por *sobre o caso da blogueira Mari Ferrer* (Mari, 2021). Notamos que essa substituição feita pela estudante é voltada para a expressão da sua subjetividade além da constituição da autoimagem do leitor (Dias, 2015), pois exige que este tenha o conhecimento prévio da situação vivida por Mariana Ferrer, confirmando que “conhecimento nas notícias é vital para o entendimento de muitos aspectos fundamentais da produção e compreensão noticiosa” (Van Dijk, 2005, p. 14).

O uso do substantivo *decisão* no lugar de *absolvição* como objeto direto de manter, na percepção da estudante, atribui a responsabilidade à Justiça mediante o fato noticiado. Isso porque, ao manter uma decisão, em vez de absolver, indica a agentividade do judiciário, pressupondo um ato anterior ligado à vontade/intenção do elemento metafórico: Justiça. Por outro lado, a absolvição aciona a responsabilização do acusado. Em outras palavras, essa substituição reforça o sentido (inter)subjetivo projetado pela participante, com o objetivo de reforçar seu posicionamento diante dos fatos.

No que se refere à substituição do trecho sobre o caso da blogueira Mari Ferrer, ocorre uma generalização, uma vez que, quando a estudante omite no seu texto qual foi a decisão mantida pela Justiça com o trecho destacado, ela aciona uma possível ambiguidade de leitura, visto que o caso em questão já teve diversos desdobramentos, o que obriga o conhecimento prévio do leitor. Isso é esperado, dado

que a reescrita da estudante é uma atividade realizada com base em uma notícia já compartilhada durante o processo de geração de dados e confirmando que se trata de um caso de polissemia pragmática, nos termos de Traugott e Dasher (2005), generalizando todo o episódio de violência sofrido por Mari Ferrer e, conseqüentemente, provocando nos interlocutores a associação metonímica com a situação específica noticiada para manter a coerência da reescrita e, com isso, garantir que a “comunicação seja [é] uma atividade compartilhada, ou seja, implica uma série de movimentos feitos em conjunto pelos interlocutores em direção à compreensão mútua” (Martelotta, 2011, p. 58).

Entretanto, um dos efeitos causados pela supressão da frase “acusado de estupro Mariana Ferrer” (Mari, 2021) é o apagamento da responsabilidade do acusado. Então, questionamos a estudante, em interações posteriores à atividade, o que motivou a supressão/ substituição desse trecho. Ela declarou que a eliminação de algumas palavras da notícia original ocorreu porque queria deixar o texto noticioso mais leve e ajudar o leitor a entender o caso Mari Ferrer, tirando, com isso, o juízo de valor e deixando a notícia imparcial. Em virtude dessas declarações, explicamos para a aluna que, ao se tratar da linguagem, não existe imparcialidade, ou seja, é por meio da linguagem que nos posicionamos e mostramos o juízo de valor em cada discurso. Desse modo, percebemos que a discente entendeu as questões que envolvem a manipulação e o abuso de poder por intermédio da sua reescrita.

Nesse contexto, notamos também que a participante faz inferência à “polarização discursiva tipicamente caracterizada por reforçar as propriedades positivas de NÓS, o endogrupo, e as propriedades negativas DELES, o exogrupo” (Van Dijk, 2015, p. 56). Contudo, nesse caso, a discente compreende o NÓS como as mulheres, e o ELES como os agressores.

Por conseguinte, “o caso da blogueira Mari Ferrer” está interligado ao NÓS, pois a blogueira foi, de acordo com a estudante, julgada de maneira errada, uma vez que o enunciado indica nitidamente a injustiça cometida contra Mari; e, por extensão, contra todas as mulheres vítimas de violência. Em contrapartida, no enunciado “Justiça mantém decisão”, há uma ligação ao ELES, ou seja, o abuso de poder exercido pelas autoridades, conforme demonstrado na análise supracitada. Portanto, na reescrita da manchete, a aluna aborda tanto a reprodução discursiva do abuso de poder contra as mulheres da sociedade brasileira quanto o descaso em relação às mulheres violentadas, evidenciando uma desigualdade social.

Na reescrita do *lead* “o tribunal de justiça catarinense decidiu continuar com a decisão já antes dada em tribunal no caso de estupro cometido pelo empresário André Aranha contra a blogueira Mari Ferrer”, não houve muitas alterações em relação ao *lead* original. A participante fez a supressão do termo **quando**, um dos elementos composicionais importantes do *lead* da notícia, e, considerando a reescrita da manchete da discente e a compreensão do leitor, a participante optou por fazer a supressão, tendo em vista que a notícia era recente e por saber que nós já tínhamos conhecimento dela.

De modo geral, enfatizamos que a participante proporcionou uma leitura, em seu comentário e na reescrita, bastante pertinente, que mostra a conscientização em torno do discurso de manipulação e o abuso de poder em relação ao discurso da violência contra as mulheres. Quando a participante foi indagada sobre os motivos de ter retirado a parte do enunciado “absolvição de acusado de estupro” da notícia original e reescrito a decisão sobre o caso, ela revelou que queria ser imparcial na sua reescrita por achar as palavras do texto original fortes e, no seu julgamento, isso expunha a vítima. Assim, compreendemos que a participante, em nenhum momento, teve uma visão

depreciativa de Mari Ferrer. Portanto, desfizemos o equívoco da participante sobre o significado de imparcialidade na linguagem, explicando que esse termo é do meio jurídico, sendo usado para as tomadas de decisões no tribunal. Por fim, ela ressalta que queria ser justa com a blogueira ao reescrever a notícia, associando a manchete a um juízo de valor positivo relativo a Mariana Ferrer.

Considerações finais

Diante das questões expostas no início do artigo acerca das notícias escolhidas e (re)escritas pelas participantes da pesquisa sobre a violência contra a mulher, observamos que essas alunas, em especial, têm conhecimento de mundo, pois estão inseridas em um lugar de fala que pode ter dado suporte a essa temática, que é de suma relevância para a sociedade contemporânea.

Assim, além do conhecimento de mundo prévio, adquirido pelos participantes no decorrer de suas vivências e seus estudos, as atividades propostas durante o trabalho de geração de dados orientaram a análise do comentário, da manchete e do *lead* do texto destacado para este estudo. Nelas, mapearam-se as relações de abuso de poder, tanto em elementos macrotextuais, como a polarização NÓS versus ELES, quanto em elementos microtextuais, por meio das metáforas e metonímias, que revelam os sentidos (inter)subjetivos negociados no texto. Todos esses elementos, presentes nas entrelinhas da (re)escrita, indicam como o discurso em torno da violência contra a mulher reproduz o abuso de poder e a desigualdade social aos quais as mulheres estão expostas.

Outro resultado relevante na análise é o olhar crítico da participante, que associou a notícia sobre o caso Mari Ferrer às vivências do dia a dia de muitas mulheres brasileiras. E o mecanismo que desencadeou isso foi a associação metonímica, que ocorre durante todo o processo de (re)escrita. Provavelmente, há uma influência do gênero textual notícia nessa associação, visto que, para Van Dijk e Teun (2002), mais que informar, a notícia tem o poder de formar o ponto de vista dos leitores. Portanto, a estratégia que a participante teve de associar o caso de violência vivido por Mari Ferrer ao de várias mulheres é também uma estratégia argumentativa.

Desse modo, pontuamos também a relevância da intervenção realizada no processo de geração dos dados, pois as atividades de leitura crítica podem potencializar a perspectiva crítica de estudantes, como as que participaram do estudo, ao identificarem o abuso de poder, a desigualdade social e, principalmente, ao darem voz a uma luta diária por direitos iguais e pelo não à violência contra as mulheres.

Por fim, a análise do texto aqui realizada deixa em aberto uma indagação que pode servir para futuras pesquisas: a lei foi criada em razão de a influenciadora digital ser uma mulher branca ou por tratar dos descasos sofridos por mulheres vítimas da violência? Se essa mulher fosse negra, teria a mesma repercussão? Teriam criado uma lei para proteger todas as outras mulheres, em especial as negras? Ao trazer essas questões para o escopo da nossa análise, as percepções de jovens leitores sobre notícias que interseccionam violência de raça e gênero apresentam-se como um tema produtivo a ser investigado.

Referências

- BENVENISTE, E. *Problemas de Linguística Geral I*. São Paulo: Pontes, 1976.
- BRASIL. República Federativa do Brasil: Imprensa Nacional. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 159, n. 219, p. 1, 23 nov. 2021.
- BUENO, S.; MARTINS, J.; PIMENTEL, A.; LAGRECA, A.; BARROS, B.; LIMA, R. S. de. CHOULIARAKI, L.; FAIRCLOUGH, N. *Discourse in late modernity: rethinking critical discourse analysis*. Edinburg: Edinburg University Press, 1999.
- DIAS, N. B. A marca da (inter)subjetividade na sentença complexa subjetiva. *Revista Confluência* 44, 45, Rio de Janeiro, 2013, p. 83-107.
- DIAS, N. B. As construções subjetivas na modalidade falada mineira, carioca e fluminense. In: OLIVEIRA, M. R.; ROSÁRIO, I. C. (orgs.). *Linguística Centrada no Uso: teoria e método*. Rio de Janeiro: Lamparina, 2015. p. 129-141.
- DIAS, N. B.; ABRAÇADO, J.; LIMA-HERNANDES, M. C. Construções subjetivas. In: BAGNO, M.; CASSEB-GALVÃO, V.; REZENDE, T.F. *Dinâmicas funcionais da mudança linguística*. São Paulo: Parábola, 2017. p. 163-190.
- DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. In: SCHNEUWLY, B.; DOLZ, J. (orgs.). *Gêneros orais e escritos na escola*. Campinas: Mercado de Letras, 2004.
- FAIRCLOUGH, N. *Analysing Discourse: textual analysis for social research*. London: Routledge, 2003.
- FAIRCLOUGH, N. *Discurso e mudança social*/Norman Fairclough. 2. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2016.
- FREIRE, P. *Educação como Prática da Liberdade*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.
- GEIS, M.; ZWICKY, A. On invited inferences. *Linguistic Inquiry*, Cambridge, n. 2, p. 561-566, 1971.
- KLEIMAN, Â. *Texto e Leitor: Aspectos Cognitivos da Leitura*/Angela Kleiman. 8. ed. Campinas: Pontes, 2002.
- LAKOFF, G; JOHNSON, M. *Metaphors We live by*. Chicago: University of Chicago Press, 1980.
- MARI, João de. Justiça mantém absolvição de acusado de estuprar Mariana Ferrer. *CNN Brasil*, São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/justica-mantem-absolvicao-de-acusado-de-estuprar-mariana-ferrer/?utm_source=social&utm_medium=twitter&utm_campaign=nacional-cnn-brasil. Acesso em: 24 fev. 2025.

MARTELOTTA, M. E. *Mudança linguística: uma abordagem baseada no uso*. São Paulo: Cortez, 2011.

ROSÁRIO, I. C. Gramática, gramaticalização, construções e integração oracional: algumas reflexões. In: OLIVEIRA, M. R.; ROSÁRIO, I. C. (orgs.). *Linguística Centrada no Uso: teoria e método*. Rio de Janeiro: Lamparina, 2015. p. 36-50.

TEUN, A.; VAN DIJK, T. A. (orgs.). *Cognição, discurso e interação*. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2002.

TEUN, A.; VAN DIJK, T. A.; HOFFNAGEL, J.; FALCONE, K. (orgs.). *Discurso e poder*. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2018.

TRAUGOTT, E. C.; DASHER, R. *Regularity in semantic change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

TRAUGOTT, E. C. Revisiting Subjectification and Intersubjectification. In: DAVIDSE, K; VANDELANOTT; CUYCKENS, H. (orgs.). *Subjectification, Intersubjectification and Grammaticalization*. Berlin: De Gruyter Mouton, 2010, p.29-70.

TRAUGOTT, E. C.; TROUSDALE, G. *Construcionalização e mudanças construcionais*. Petrópolis: Vozes, 2021.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 31, p. 443-466, 2005.

VAN DIJK, T. A. Discurso cognição sociedade: estado atual e perspectivas da abordagem sociocognitiva do discurso. *Letrônica*, Porto Alegre, v. 9, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15448/1984-4301.2016.s.23189>. Acesso: 15 jan. 2020.

VAN DIJK, T. A. Discurso e cognição na sociedade. In: SILVA, A. S. da; FALCONE, K. (orgs.). *Revista Portuguesa de Humanidades, Estudos Linguísticos*, v. 19, 2015.

VAN DIJK, T. A. *Discurso, Notícia e Ideologia*. Tradução: Zara Pinto-Coelho. Porto, Portugal: Campus das Letras, 2005. Visível e Invisível: A Vitimização de Mulheres no Brasil. 3. ed. [S. l.]: Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2021. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://assets-dossies-1pg-v2.nyc3.digitaloceanspaces.com/sites/3/2021/06/relatorio-visivel-e-invisivel-3ed-2021-v3.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2025.

Submetido 20/08/2024. Aprovado 20/09/2024
Avaliação: revisão duplo-anônimo

Um estudo iterativo acerca do discurso do sucesso midiático: um quadro revisionista¹

AN ITERATIVE STUDY ON THE DISCOURSE OF MEDIA SUCCESS: A REVISIONIST FRAMEWORK

UN ESTUDIO ITERATIVO SOBRE EL DISCURSO DEL ÉXITO MEDIÁTICO: UN MARCO REVISIONISTA

Thiago Barbosa Soares

Universidade Federal do Tocantins (UFT)

thiago.soares@mail.uft.edu.br

Resumo

Diante da perspectiva segundo a qual o sucesso midiático constitui um percurso de sentidos tecidos no interior da dispersão de produtos consumidos habitualmente em praticamente todos os materiais de divulgação de informações, este artigo propõe-se a analisar criticamente as investigações já realizadas e publicadas acerca da problemática do discurso do sucesso midiático, sob a perspectiva da Análise do Discurso. Dessa forma, busca-se não apenas realizar um estudo sistemático e interpretativo de um fenômeno significativo na atualidade, mas também compilar um recenseamento dos principais textos – entre livros, artigos e capítulos – em suas diversas modalidades de expressão, cujas abordagens indagativas aprofundam-se na compreensão do discurso do sucesso midiático. Para a realização desse objetivo, faz-se, inicialmente, um recorte de cunho epistemológico, ou seja, busca-se levantar apenas os resultados de pesquisas orientadas pelo aparato teórico da Análise do Discurso para a detecção e o tratamento interpretativo do fenômeno em questão. Foi possível compreender as modificações nas investigações sobre o discurso do sucesso midiático e suas vertentes de desdobramento, tais como a adesão ao discurso feminista, mesmo que de forma parcial, por parte da propagação de cantoras mulheres no nicho sertanejo. Assim, pode-se afirmar que há ainda uma série de pesquisas a serem feitas, uma vez que o sucesso, seus representantes e seus efeitos parecem estar cada vez mais dispersos em quase todos os espaços sociais, a partir de uma série de mecanismos de construção discursiva.

Palavras-chave: discurso do sucesso; mídia; revisão.

Abstract

In light of the perspective that media success entails a trajectory of meanings woven within the dispersion of products routinely consumed in virtually all information dissemination materials, this article aims to critically review existing and published research on the discourse of media success from the standpoint of Discourse Analysis. The objective is to serve not only as a systematic and interpretative study of a significant contemporary phenomenon but also as a survey of key texts—including books, articles, and chapters—in their various forms of expression, with an investigative approach that deepens the understanding of media success discourse. To achieve this goal, an initial epistemological delineation is made, focusing solely on research results guided by the theoretical framework of Discourse Analysis for the

¹ Este artigo é resultado parcial do projeto intitulado Vozes do sucesso: uma análise do sucesso midiático como ponte para o sucesso político, subsidiado pelo CNPq (Processo n. 301565/2022-8).

detection and interpretive treatment of the phenomenon in question. This approach has allowed for an understanding of the evolution of investigations into media success discourse and its various offshoots, such as, for example, the partial adoption of feminist discourse by the promotion of female singers in the sertanejo genre. Thus, it can be asserted that there remains a substantial amount of research to be conducted, as success, its representatives, and its effects appear to be increasingly dispersed across virtually all areas of social space through a range of discursive construction mechanisms.

Keywords: success discourse; media; revision.

Resumen

Considerando que el éxito mediático constituye un recorrido de significados tejidos en la dispersión de productos consumidos habitualmente en prácticamente todos los materiales de difusión de información, este artículo tiene como objetivo revisar críticamente las investigaciones ya realizadas y publicadas sobre la cuestión del discurso del éxito mediático desde la perspectiva del Análisis del Discurso, para ser, además de un estudio sistemático e interpretativo de un acontecimiento significativo de actualidad, un censo de los principales textos, incluyendo libros, artículos y capítulos, en sus diversas modalidades de expresión, cuyo enfoque inquisitivo profundiza en la comprensión del discurso del éxito mediático. Para lograr este objetivo, en un primer momento se realiza un abordaje epistemológico, es decir, se busca recoger únicamente los resultados de investigaciones guiadas por el aparato teórico del Análisis del Discurso para la detección y tratamiento interpretativo del fenómeno en cuestión. Fue posible comprender los cambios en las investigaciones sobre el discurso del éxito mediático y sus aspectos, como, por ejemplo, la adhesión al discurso feminista, aunque sea parcialmente, por la difusión de las cantantes en el nicho del *country*. Así, se puede decir que todavía hay una serie de investigaciones por hacer, ya que el éxito, sus representantes y sus efectos, parecen estar cada vez más dispersos prácticamente en todo el espacio social a partir de una serie de mecanismos de construcción.

Palabras clave: discurso de éxito; medios de comunicación; revisión.

Introdução

Desde os tempos antigos, o prestígio era um valor preponderante na sociedade, quem o detinha poderia receber honrarias, entrar em um grupo seletivo e, conseqüentemente, aumentar seu poder sobre os demais, sobretudo em relação aos desprestigiados. Assim, no horizonte das conquistas materiais, a influência que tal determinador distintivo possuía guarda, até o presente, seus registros, tanto na linguagem comum quanto nos rituais, segundo os quais são atribuídos “poderes” a alguém, como no exemplo de um sujeito chamado de inteligente ou astuto (linguagem), ou de quem é investido de um cargo ou função (ritual). Um caso emblemático do prestígio, encarnado em figuras notáveis, é o dos heróis,² como bem explica Hughes-Hallett (2007) sobre a dinâmica destes no interior do circuito coletivo do qual participam. Nas palavras da pesquisadora, “A natureza e a função do herói modificam-se juntamente com a mentalidade da cultura que o produz bem como as qualidades atribuídas ao herói” (Hughes-Hallett, 2007, p. 20). Ela continua dizendo que “os feitos que se esperam

² Segundo a teoria das três eras ou idades (dos deuses, dos heróis e dos homens) do filósofo renascentista Giambattista Vico, a idade dos heróis é uma passagem da era dos deuses a dos homens que deixaram, de acordo com suas próprias palavras, “As lendas heróicas que foram histórias reais dos heróis e dos seus heróicos costumes que devem ter florescido em todas as nações nos tempos de barbárie” (Vico, 2008, p. 23). Ainda que essa seja apenas uma perspectiva filosófica não tão bem desenvolvida por outros pensadores, ela explicita metaforicamente, com suas devidas limitações, as modificações ocorridas no seio social, no tocante ao halo prestigiado de nomes históricos.

deles e seu lugar nas estruturas política e social como um todo” também participam do processo de construção da imagem que deles é feita (Hughes-Hallett, 2007, p. 20).

Na ausência de representantes arquetípicos de um prestígio legítimo, angariados por feitos de natureza incomum, como Alcebiades, Catão, El Cid, Francis Drake, Garibaldi, entre outros, resta a preservação do laço dessa relação assimétrica de poder por meio de mecanismos de influência, como o sucesso midiático. Este, com seu desempenho discursivo, cria, ao sabor das circunstâncias culturais, políticas e econômicas, personalidades capazes de ancorar um conjunto de sentidos disseminados na sociedade (Foucault, 2012). Compreender como tais atores são construídos e quais são seus mecanismos de funcionamento auxilia, em boa medida, a entender parte das estruturas por meio das quais o circuito coletivo opera. Em outros termos, traçar as linhas de percepção verticalizadas do fenômeno do sucesso midiático, conforme critérios específicos, contribui para uma descrição mais bem apurada da própria dinâmica na qual o sujeito está inserido na contemporaneidade.

Diante da perspectiva segundo a qual o sucesso midiático constitui um percurso de sentidos tecidos no interior da dispersão de produtos consumidos habitualmente em praticamente todos os materiais de divulgação de informações, este artigo propõe-se a analisar criticamente as investigações já feitas e publicadas acerca da problemática do discurso do sucesso midiático, sob a perspectiva da Análise do Discurso.³ Dessa forma, busca-se não apenas realizar um estudo sistemático e interpretativo de um fenômeno significativo na atualidade, mas também um recenseamento dos principais textos – entre livros, artigos e capítulos – em suas diversas modalidades de expressão, cujas abordagens indagativas aprofundam-se na compreensão do discurso do sucesso midiático. Para a realização desse objetivo, faz-se, inicialmente, um recorte de cunho epistemológico, ou seja, busca-se levantar apenas os resultados de pesquisas orientadas pelo aparato teórico da Análise do Discurso para a detecção e o tratamento interpretativo do fenômeno em questão. Feito isso, na seção seguinte, intitulada Estudos discursivos do sucesso midiático: uma breve historiografia, integram-se organicamente os trabalhos acerca do discurso do sucesso em sua vertente midiática para, posteriormente, nas Considerações finais, fazer-se o cotejamento das possíveis contribuições desse quadro de revisão para contribuir a eventuais novas investigações.

Estudos discursivos do sucesso midiático: uma breve historiografia

Conforme o escopo delimitado para este artigo e sua metodologia revisionista, em sentido positivo para este último termo, dirige-se ao conjunto de produções voltadas para o exame qualitativo, sob o prisma direcional da Análise do Discurso, cujo objeto de pesquisa encontra-se no interior do discurso do sucesso midiático. Com esse horizonte delineado, a cronologia de publicação dos materiais coletados para a moldagem deste estudo faz-se importante. Contudo, essa datação não sublima a finalidade das investigações, tampouco parece determiná-las, de maneira que, em alguns casos, pode-se verificar eventuais equívocos relativos à anterioridade de uma obra ou artigo em relação

³ Este artigo é fiel tributário da perspectiva segundo a qual a Análise do Discurso, quando marcada sua origem ou filiação, conforme explica Soares (2023a), é eurocêntrica, portanto, aqui, por meio de um ato de resistência, deixa-se conscientemente de fazer-se tal menção.

a outro do mesmo ano. Feitas essas breves elucidações, passa-se, sem mais elementos adjacentes e outros de natureza similar, ao alvo principal desta averiguação.

No rastreamento do objeto deste estudo, encontra-se primeiramente o artigo “Discurso do Sucesso: sentidos e sujeitos de sucesso no Brasil contemporâneo” (Soares, 2016), cujo objetivo central é descrever alguns mecanismos de funcionamento do discurso do sucesso, sua produção, disseminação e efeitos de sentidos na revista *Caras*, como seu corpus. Para a concretização desse exame, foi empreendida, como instrumento interpretativo, a vertente materialista da Análise do Discurso. Mediante um conjunto selecionado de matérias publicadas no periódico em questão e com a aplicação de operadores de leitura verticalizada a este, o autor do referido artigo assevera que: “Como vimos, os sujeitos de sucesso sob os holofotes das câmeras são os famosos, celebridades cujas imagens têm ampla circulação midiática e estão vinculadas à propaganda” (Soares, 2016, p. 1090). Assim, de maneira um tanto quanto simplificada, afirma-se que os sentidos e sujeitos do sucesso ligam-se ao compromisso da publicidade e, por conseguinte, à venda de produtos e serviços disponibilizados pelo próprio catálogo midiático. Com vistas a reiterar a ideia de que o discurso engendrado pelos aparelhos midiáticos se retroalimenta, acerca do sujeito de sucesso, o autor da pesquisa inspecionada enfatiza: “Esses são reconhecidos por meio da própria mídia. A mídia cuida da manutenção discursiva acerca dessas celebridades, como bem se pôde perceber pela revista ‘CARAS’” (Soares, 2016, p. 1090).

Diferentemente do anterior, o livro *Discursos do sucesso: a produção de sujeitos e sentidos do sucesso no Brasil contemporâneo* (Soares, 2017) faz um aprofundamento nos objetos examinados em seu interior, porquanto, a partir de seus objetos de estudo – uma mídia física e um conjunto de obras de autoajuda –, o discurso do sucesso é dividido em duas partes: na primeira, compreendem-se os sentidos e os sujeitos produzidos na revista *Caras* nas edições do primeiro semestre de 2013; na segunda, analisam-se os sentidos e sujeitos fabricados nos livros *O sucesso está no equilíbrio* (Wong, 2006), *O sucesso passo a passo* (Gehring, 2010) e *O sucesso de amanhã começa hoje* (Maxwell, 2005). Soares (2017, p. 261), ao aplicar os recursos analíticos da vertente materialista da teoria do discurso francesa, afirma, como resultado de sua investigação, que “A literatura de autoajuda foca a responsabilidade do sucesso em seu interlocutor. Presume ‘ensinar’ caminhos para o sucesso na área das relações sociais, das atividades financeiras”. Sobre o mesmo assunto, ele acrescenta: “Para se construir dizeres a respeito do sucesso nesse universo, se faz uso de mecanismos discursivos cujo objetivo é a construção de efeitos de verdade, de evidência, de autoridade, entre outros” (Soares, 2017, p. 261).

Com relação às repercussões encontradas na revista, Soares (2017, p. 260) afiança explicitamente que: “Os famosos ‘falam’ pouco, embora muito seja dito sobre eles. E o tratamento dado por hipocorísticos, do ponto de vista discursivo, parece ser um mecanismo de construção do sujeito que na revista é rarefeito”. O autor ressalta que, conforme sua pesquisa aponta, a revista *Caras* não se preocupa em elucidar sobre como alcançar o sucesso, mas sim, antes disso, sobre o porquê do sucesso de algumas personalidades (Soares, 2017). De forma poética, Soares (2017, p. 262) sintetiza a relação entre os dois polos difusores do discurso do sucesso atualmente: “Se a literatura analisada apresentou as alamedas para se chegar ao sucesso, “Caras” expôs as “encarnações” do sucesso. Com isso, cada qual, contribui, para compreendermos os discursos do sucesso na sociedade brasileira hodierna”.

A seguir, nessa “cartografia” sobre o discurso do sucesso midiático, tem-se o capítulo Sucesso: discursos contemporâneos de capitalização dos sujeitos, da obra *Múltiplas perspectivas em Análise do Discurso: objetos variados* (Soares, 2018a).

Inicialmente, recapitulam-se, com detalhes, as distinções entre o discurso do sucesso da literatura de autoajuda e da mídia para, ao final do recenseamento qualitativo, apontar para um novo viés de pesquisa dentro do sucesso midiático. Para exemplificar parte desse contexto, o autor do texto supracitado afirma que há “um discurso do sucesso midiático e um discurso do sucesso de autoajuda, ambos regulados por seus respectivos mercados, por formações discursivas e pela formação social e ideológica as quais estão vinculados” (Soares, 2018a, p. 169). É a partir dessa perspectiva que o autor descreve e interpreta mais mecanismos existentes em outras obras de autoajuda e, segundo suas conclusões, “O crescente desenvolvimento da literatura de autoajuda, associado ao deslocamento da filosofia para o restrito mundo acadêmico, cedeu à primeira as condições de emergência” (Soares, 2018a, p. 178). Ressalta-se que, por mais forte e afetada que a crítica à filosofia seja, pouco se discute sobre o papel que ela pode exercer no circuito coletivo, já que, como o próprio pesquisador explica, é mais eficiente e barato adquirir materiais de autoajuda do que de filosofia. Eis mais uma razão para a continuidade da propagação do discurso de sucesso por meio da literatura de autoajuda.

No tocante ao discurso midiático, especificamente, antes de abordar a voz de sucesso, Soares (2018a) tece comentários heurísticamente pertinentes como este: “Fazer parecer é um dos mais essenciais usos da mídia. Por sempre usurpar a realidade de seu papel no seio social acaba por outra criar” (Soares, 2018a, p. 180). Desse modo, o autor abre margem para descrever e interpretar um fenômeno contido no interior do discurso do sucesso midiático, isto é, os dizeres sobre a voz de sucesso midiático. Ao fazer essa abertura para um novo objeto de investigação, perfila-se a percepção de um nicho de desempenho do discurso das mídias sobre as vozes famosas e, por conseguinte, inicia-se, de maneira um tanto quanto incipiente, um processo inovador da compreensão da estética vocal de sucesso. Nesse direcionamento, Soares (2018a), ainda no capítulo Sucesso: discursos contemporâneos de capitalização dos sujeitos, pontua: “O sucesso midiático recobre a voz de sua aura, enaltecendo-a e, ao mesmo tempo, elevando-a a uma altura superior em relação às vozes comuns” (Soares, 2018a, p. 200).

É segundo a dialética materialista, subjacente ao instrumental da Análise do Discurso, que a concepção sobre os dizeres midiáticos sobre a voz de sucesso ganha densidade descritivo-interpretativa na tese intitulada *Vozes do sucesso: uma análise dos discursos sobre os vícios e virtudes da voz na mídia brasileira contemporânea* (Soares, 2018b). Nela, analisam-se os discursos sobre a voz produzidos em correlação ao discurso do sucesso, presentes em espaços enunciativos da grande mídia brasileira contemporânea, com vistas a compreender as propriedades discursivas quando da expressão do sucesso de sujeitos por meio de suas vozes; apreender a maior ou menor conservação ou efemeridade dos já-ditos acerca da voz presentes nos enunciados sob análise, verificando quais são aqueles considerados pertinentes, discutíveis ou nulos no que tange aos sujeitos do sucesso; e em que medida a valorização desses por suas vozes é mais ou menos eufórica (apresentando “virtudes”) ou disfórica (expondo “vícios”). Para tal empreendimento, esta pesquisa utilizou veículos informativos alinhados à esquerda, como *Carta Capital* e *O Estado de São Paulo*, e conservadores, como *Veja* e *Folha de São Paulo*, como os qualificou o autor, bem como mídias especializadas em música, a exemplo das revistas *Rolling Stone* e *Billboard*.

No caso de *Vozes do sucesso: uma análise dos discursos sobre os vícios e virtudes da voz na mídia brasileira contemporânea* (Soares, 2018b), tem-se uma busca pelos sentidos construídos acerca da voz visibilizada no circuito social, em veículos

filiados a formações discursivas distintas – esquerda e direita –, de modo que, por meio desse expediente metodológico, possa ser percebido como cada um dos dois espectros discursivos fabrica os efeitos dessas vozes de sucesso. Nesse direcionamento específico, o caráter inovador da pesquisa faz com que, tendo em vista um fenômeno até então quase não estudado ou cujas investigações encontraram-se em estado incipiente, uma perspectiva ainda mais original emergja no horizonte de contemplação dessa tese, isto é, a estética da voz de sucesso. Conforme explicita Soares (2018b, p. 294), “O que se diz da voz na mídia pode ter impacto direto e indireto na indústria fonográfica, mas, antes, pode engendrar uma estética vocal da qual participa o discurso do sucesso na interface com outros discursos circulantes na sociedade”. Assim sendo, diante dos estudos sobre o discurso do sucesso midiático, surgem tanto pesquisas voltadas para compreender os efeitos de sentidos sobre a voz famosa quanto para outras possibilidades de entender os novos “signos” da estética vocal.⁴

Em uma versão comparativa dos discursos do sucesso, midiático e de autoajuda, o livro virtual *Composição discursiva do sucesso: efeitos materiais no uso da língua*⁵ (Soares, 2020a) aborda os dois nichos de produção de celebridades e seus principais marcadores sociais, como no caso da voz. Nele, encontram-se algumas sínteses significativas para um aprofundamento referente às condições nas quais o objeto deste recenseamento se baseia. Soares (2020a, p. 63), a respeito dessa estruturação, assevera que: “A sociedade do espetáculo foi capilarizada pelo discurso midiático do sucesso, legando um entretenimento dependente de personalidades descritas pelos próprios meios de difusão de informação e de entretenimento como a encarnação do sucesso”. O autor afirma ainda que “os dizeres sobre a voz tracejam o sucesso segundo uma perspectiva estética e, portanto, a priori legítima” (Soares, 2020a, p. 64) e, para justificar tal alegação, continua “já que a beleza de uma voz, sua gravidade, sua qualidade, seus traços afetivos seriam predominantes para que seu sujeito atingisse o status de sujeito do sucesso midiático” (Soares, 2020a, p. 64). Assim, de acordo com esses contornos traçados, pode-se extrair da obra a crítica à existência de um ideal de meritocracia difundida pelos discursos do sucesso, tanto em sua vertente de literatura de autoajuda quanto em sua vertente de propagação de informações midiáticas.

Em conjunção com a temática que faz alusão à voz de destaque no circuito coletivo, em *Uma análise dos dizeres sobre a voz de sucesso midiático* (Soares, 2020b, p. 13), ao analisar duas matérias publicadas no semanário *Carta Capital*, aponta-se para o que seu autor chamou de “os diversos expedientes a partir dos quais o discurso do sucesso lança mão para (re)criar celebridades”. Segundo Soares (2020b, p. 13), “A potente interlocução de discursos no interior das notícias, reforçando a proposição dialógica dos sentidos, defendida por Bakhtin/Volochínov (1981), perfaz trilhas intrínsecas à voz no discurso do sucesso”. Em *Uma análise dos dizeres sobre a voz*

4 Soares (2018b), em uma de suas indagações sobre a relação entre o discurso do sucesso midiático e a estética vocal contemporânea, parece abrir outro filão investigativo ao perguntar-se: “Assentada uma estética da voz, por intermédio da repetição do que se diz no mercado das vozes e de seu regime de aparição midiática, seria possível que essa fosse utilizada como recurso de sedução na política?” (Soares, 2018a, p. 301). Tal perspectiva, por ainda não ter resultados publicados, não entrou no quadro de revisão aqui empreendido.

5 Cabe destacar o artigo intitulado *Sentidos da voz: uma análise das unidades de discurso presentes no campo da oratória* (Soares, 2019), que, mesmo não tratando do discurso do sucesso propriamente dito, revela uma série de procedimentos discursivizados em três grandes campos do saber sobre a voz, cujos apontamentos são, posteriormente, auxiliares de exame em outros estudos acerca das vozes de sucesso e, por consequência, da estética da voz.

de sucesso midiático, Soares (2020b) esclarece que um dos pressupostos é que as notícias apresentadas sob a aparência de uma divulgação imparcial, com o objetivo de informar, entreter e influenciar os leitores, orientam-lhes para o mercado musical da indústria cultural, promovendo, tanto de maneira direta quanto indireta, o consumo e a produção de elementos relacionados a esse setor e a outros associados. É a partir desse mirante que o autor circunscreve a seguinte síntese: “Portanto, a voz, a música e o sujeito do sucesso constituem as bases de mecanismos de propagação do comércio de artefatos culturais, as vozes do sucesso” (Soares, 2020b, p. 13).

Já em *A estética do sucesso vocal: discursos engendrados na construção de vozes de sucesso midiático*, Soares e Boucher (2020) analisam como é produzido um tipo de estética vocal a partir de uma performatividade acerca de dizeres sobre vozes de sucesso. Para a execução dos procedimentos implicados a esse artigo, para além de recensear o que já fora escrito a respeito da temática da voz e suas circunvizinhas com o discurso, sob a perspectiva materialista, faz-se um recorte de textos existentes na revista *Rolling Stone*. Ao final dessa investigação, os autores asseguram que “Existe, portanto, um monopólio norte-americano da indústria do sucesso midiático lucrando com suas vendas no Brasil” (Soares; Boucher, 2020, p. 114). Nesse sentido, também afirmam: “Contudo, o monopólio é fundamentado na aparente carência do brasileiro precisar aprender os caminhos do sucesso somados à superioridade do produto mercadológico do sucesso” (Soares; Boucher, 2020, p. 114). E, além disso, declaram: “Para se verificar analiticamente a estética vocal de que tratamos é necessário voltar-se à historicidade presente nos dizeres, pois cada um deles se filia a um posicionamento conservador” (Soares; Boucher, 2020, p. 114).

À vista disso, visando afunilar as pesquisas desenvolvidas sobre o discurso da voz de sucesso no interior de veículos de grande difusão de informações, no artigo “As vozes midiáticas: o sucesso como fábrica estética de produção de sentidos”, Soares (2021) examina três matérias publicadas em um dos maiores periódicos do Brasil, a *Folha de S. Paulo*, para investigar o conteúdo e como é enunciada a voz no discurso do sucesso na atual sociedade, sobretudo quais são as diferenças no tratamento dispensado à voz daqueles que figuram no mundo midiático. Como um dos principais resultados elucidativos, o autor destaca o fato de que, em suas próprias palavras, precisamente há “a voz dos que lograram fama é objeto de observação [...]”. Não é sem razão que em todas as matérias analisadas havia como centro um grupo musical ou um cantor” (Soares, 2021, p. 13). Além disso, ressalta que, para além de “os dizeres sobre a voz e como os sujeitos do sucesso são representados discursivamente a partir de uma visão mercadológica propagandística instituída pelo capital do jornal” (Soares, 2021, p. 13). No tocante a isso, como ilustra Soares (2021, p. 13), “as vozes do sucesso internacional podem ser um tipo de norte para as vozes nacionais”.

Nesse sentido, tem-se um panorama delineado segundo o qual a modelagem estética da voz de sucesso midiática parece ser trazida de outras paragens, no caso, dos Estados Unidos, para servir de projeto de mercado às vozes nacionais, que, por sua vez, “devem” adequar-se à propaganda da indústria cultural de entretenimento e aos seus ditames, pois, conforme explica Soares (2021, p. 14), “Se, de fato, a atração que a música exerce no gênero humano encontra-se em um élan perdido na voz, a indústria de entretenimento musical, em comunhão com o discurso midiático do sucesso, sabe dele fazer emprego”. Assim, o sucesso é compreendido como uma mercadoria cujos traços de sua formulação são simbólicos e passíveis de replicação. Portanto, como é possível verificar até o momento, as investigações sobre o discurso do sucesso midiático ganham verticalidade referente à minúcia do fenômeno, porquanto a representação ampla e genérica da difusão de sentidos vinculados ao mundo dos

famosos e das celebridades recebe diversos investimentos discursivos para variados objetos de interesse coletivo, tais como o corpo, a riqueza, a voz, entre outros.

Desse modo, Soares (2022), fundamentado no aporte da arqueogenealogia, além de analisar três matérias em três distintos meios de comunicação, *Estadão*, *Rolling Stone* e *Folha de S. Paulo*, visa contribuir para a história das ideias linguísticas no tocante aos discursos sobre a voz, incluindo sobre como a voz é tratada, usada e representada, pois esses elementos constituem parte do arcabouço do pensamento linguístico de uma determinada época. No interior dessa pesquisa, encontra-se, entre outros trechos elucidativos referentes ao discurso sobre a voz de sucesso, o seguinte: “Pela voz também ouvimos as formas estáveis e as instáveis de organização social; através da voz os discursos ganham corpo e retomam sentidos, mobilizando um conjunto de dizeres presentes no discurso” (Soares, 2022, p. 180). Em outros termos, o discurso sobre a voz de sucesso circulante nos principais meios de informação parece retratar, guardadas as devidas proporções, o próprio funcionamento da sociedade à qual se refere. Ademais, no capítulo O sucesso da voz na mídia: dizeres sobre o discurso vocal, como um de seus resultados, Soares (2022, p. 185) cita a percepção de que “certas vozes não recebem qualificativos por não os terem por parte da indústria cultural da música, contudo ainda figuram entre as personalidades de sucesso” e ainda que “existem vozes que precisam estar em lugar de evidência midiática para que o aparelho midiático na sua disseminação de discursos possa continuar funcionando”, conforme a ótica do sucesso das vozes.

A esse respeito, compreendendo que a voz de sucesso é examinada sob a perspectiva discursiva, Soares (2023b)⁶ observa os sentidos e seus efeitos na composição do sucesso vocal de enunciados que foram encontrados em três textos de um dos jornais de maior circulação impressa e digital do Brasil, *O Estado de S. Paulo*. O artigo, embasado no aparato teórico-metodológico da Análise do Discurso, discorre sobre a operação do discurso meritocrático e, após empreendimento do dispositivo interpretativo, conclui que “a voz é parâmetro de sucesso no meio musical, portanto, o topo somente ‘deveria’ ser atingido por quem tem em sua voz as características mais elevadas ter vozeirão, conservar graves, produzir agudos etc.” (Soares, 2023b, p. 24). Em sua análise, Soares (2023b, p. 24) afirma: “Ora, para além da propaganda, detectamos aí o discurso meritocrático gerando seus efeitos. Relativamente próximo, o mérito é o porto do sucesso midiático”. Com efeito, como é possível entender, o mecanismo de produção do sucesso, estendendo-se às vozes de celebridades, em veículos de comunicação, necessita de validação e, para tanto, faz uso do discurso meritocrático como seu legitimador.

Na continuidade do quadro de revisão, no artigo “El éxito de la voz: significados mediáticos circulantes en la sociedad”, Soares (2023d) traduz os principais elementos do discurso midiático acerca dos dizeres sobre a voz ao investigar a constituição do discurso do sucesso, voltado ao que se diz da voz, como a voz é enunciada e as características no tratamento dispensado à voz daqueles que figuram no atual mundo midiático. Para tanto, esse estudo, fundamentado na aplicação dos procedimentos

⁶ Em *Discurso de sucesso contemporâneo na capitalização dos sujeitos*, há um cotejamento entre o discurso do sucesso na mídia e na literatura de autoajuda, diante disso convém apenas evidenciar sinteticamente desse estudo que, como expressa o seu autor, “O sucesso como um fenômeno discursivo e, conseqüentemente, social não está restrito à mídia; vimos que o sucesso tem uma gramática mais ou menos própria que lhe vincula a um campo no qual é disseminado” (Soares, 2023c, p. 27). Além disso, Soares (2023c, p. 27) explica que “a literatura de autoajuda possui características distintas da mídia do sucesso; em cada qual o sucesso é descrito de um modo, criando uma formação discursiva, ao mesmo tempo em que instaura a formação ideológica de mercado de sucesso”.

descritivo-interpretativos da Análise do Discurso materialista, utiliza como corpus duas matérias do jornal *Folha de S. Paulo*. Como parte dos resultados obtidos por meio da análise, destaca-se a presença marcante do que o autor chama de norte-americanismo. Soares (2023d, p. 12) afiança que “El discurso del éxito examinado en el periódico se basa en buena parte en el universalismo norte-americano”.⁷ Esse fato, no interior do projeto discursivo, parece cancelar a aparente meritocracia e, ao mesmo tempo, desempenha um caráter de fronteira ou teto para o sucesso, ou seja, as produções da indústria cultural norte-americana servem de guias, uma vez que são consideradas melhores e tracejam os critérios estéticos para as produções de outros países, como o Brasil. Nesse direcionamento: “La presencia de cantantes americanos es evidente, corroborando, entre otras cosas, una posible importación del carácter propagandístico de la música en América del Norte”⁸ (Soares, 2023d, p. 12).

Tal como um significativo acidente no trajeto selecionado, o exame sobre o discurso do sucesso midiático, como se nota, envereda-se agudamente pelos dizeres acerca da voz famosa, como também se dá no artigo intitulado “Sobre a voz de sucesso midiático: uma análise da construção discursiva do sucesso de Ana Castela na revista *Veja*” (Soares, 2024a), no qual se busca compreender a discursividade investida na fabricação da voz do sucesso midiático em uma matéria da revista *Veja* publicada em 2023. Diante do emprego da mesma ferramenta teórica nos artigos “El éxito de la voz: significados mediáticos circulantes en la sociedad” (Soares, 2023d) e “Sobre a voz de sucesso midiático: uma análise da construção discursiva do sucesso de Ana Castela na revista *Veja*” (Soares, 2024a), Soares constata que “a voz, como a tratada na matéria da *Veja*, responde à competição do mercado de vozes, ambientadas em estilos com predominâncias de determinados traços vocais” (Soares, 2024a, p. 421). Esse fator encontrado engendra, no âmbito das informações sobre celebridades cujas vozes são seus atrativos, um traço discursivo de contiguidade, pois, como o pesquisador do estudo em questão assevera, transforma notícias em publicidade de vozes em ascensão, como no caso de Ana Castela, e, ao mesmo tempo, cria uma continuidade, ainda que não idêntica, de tipos vocais (Soares, 2024a).

Importa destacar um elemento encontrado em “Sobre a voz de sucesso midiático: uma análise da construção discursiva do sucesso de Ana Castela na revista *Veja*” (Soares, 2024a), que se refere ao feminismo ser incorporado ao discurso do sucesso midiático. Esse elemento, mesmo que não seja mencionado pelo autor, pode ser percebido por quem lê o objeto analisado pelo estudo, constituindo uma possível vertente do discurso do sucesso midiático ou mesmo uma incorporação deste por aquele, com o intuito de fortalecer a adesão de um número maior de indivíduos influenciados por tais representações fabricadas veiculadas pelos meios de comunicação de massa. Consta-se que a verificação da adequação do discurso do sucesso midiático em relação a determinados traços do discurso feminista carece de maior aprofundamento e, portanto, de mais investimento por parte daqueles que se dedicam a compreender esses fenômenos sociais e suas repercussões no espaço coletivo. Nesse horizonte, uma estética vocal, já explorada em outras pesquisas aqui mencionadas, pode receber diferenciações discursivas no tratamento recebido por certos aparelhos midiáticos e, por essa razão, gerar efeitos de sentido e sujeitos distintos, que poderão ser interpretados por novas investigações.

⁷ Em tradução livre: “O discurso de sucesso examinado no jornal baseia-se em grande parte no universalismo norte-americano”.

⁸ Em tradução livre: “A presença de cantores norte-americanos é evidente, corroborando, entre outras coisas, uma possível importação do caráter propagandístico da música na América do Norte”.

Visto que praticamente todas as pesquisas sobre a temática delineada para este artigo de revisão foram abordadas em suas particularidades, ora similares, ora distintas, o livro *Voz, mídia e sucesso: sons, sentidos e sociedade* (Soares, 2024b) corresponde ao último resultado de exames acerca do discurso do sucesso encontrado para tanto. Nesse livro, Soares (2024b) apresenta três grandes eixos, como indicado na primeira parte de seu título: voz, mídia e sucesso. De maneira mais explicativa, o que se elucida a respeito das vozes de sucesso na mídia em geral é o objeto de investigação de todos os dez capítulos componentes dessa obra, que operam a investigação de compreender os sentidos da voz de sucesso midiático. Nesse direcionamento, Soares (2024b) defronta-se com um campo relativamente pouco estudado dentro das pesquisas discursivas, já que os sentidos e seus efeitos rastreados em seu interior voltam-se para a constituição da voz com certo destaque social. De acordo com Soares (2024b, p. 24), “Acredita-se que novos estudos discursivos sobre como os sentidos sobre a voz de sucesso na mídia são produzidos e disseminados na sociedade brasileira, podem localizar a preferência por uma estética vocal”. Desse modo, a partir da apuração dos resultados descritivo-interpretativos sobre o discurso do sucesso midiático, inicia-se com vigor um projeto afinado de averiguação de sentidos acerca da voz com certo destaque social como objeto discursivo.

Considerações finais

Diante do quadro desenhado para compor este artigo de revisão sobre os estudos referentes ao discurso do sucesso midiático, cujos resultados de pesquisas orientadas pelo aparato teórico da Análise do Discurso para detecção e tratamento interpretativo do fenômeno em questão foram expostos de maneira didática, acredita-se que seu principal objetivo tenha sido cumprido. Por consequência, algumas possibilidades de novas pesquisas sobre a referida temática também foram levantadas, ou por essas ainda se encontrarem sob a égide da mera menção ou por estarem em fase embrionária. Com esse horizonte delineado e a consecução desta proposta alcançada, resta um breve levantamento reflexivo dos pontos imprescindíveis verificados na seção Estudos discursivos do sucesso midiático: uma breve historiografia.

Por conseguinte, pôde-se compreender as modificações das investigações sobre o discurso do sucesso midiático e suas vertentes de desdobramento, a exemplo da adesão ao discurso feminista, mesmo que de forma parcial, por parte da propagação de cantoras mulheres no nicho sertanejo. Além disso, a permeabilidade apresentada pelo discurso do sucesso, quando este atinge outros dizeres, como os sobre a voz, engendra o chamado, no recenseamento, de uma estética vocal. Ou seja, o discurso, veiculado por grandes meios de comunicação, valida determinadas vozes em detrimento de outras, de modo a criar uma continuidade estética de vozes similares e, ao mesmo tempo, um apagamento de vozes que não apresentam as qualidades e virtudes expostas na mídia. Como se esse fato não fosse o bastante para determinar os sentidos e sujeitos do sucesso, as rupturas, como é possível perceber nos artigos que abordam a estética da voz, são planejadas para ganhar maior aderência de públicos emergentes.

Portanto, como verificado aqui, o discurso do sucesso midiático, além de ser um fenômeno social, cultural e econômico, volta-se para a determinação de sentidos e sujeitos no circuito coletivo, com vistas a marcar as assimetrias já existentes sem perder seu potencial caráter reformulador e distrativo, representando realidades distintas daquelas vivenciadas por seus consumidores e sendo um possível modificador de

experiências. Assim, após apresentado todo o arcabouço informativo acerca do objeto de investigação eleito para ser trazido para este texto, pode-se afirmar que há ainda uma série de pesquisas por se fazer, não apenas no âmbito restrito da interpretação por meio de teorias do discurso, uma vez que o sucesso, seus representantes e seus efeitos parecem cada vez mais estar dispersos em praticamente todos os lugares do espaço social a partir de uma série de mecanismos de construção discursiva. Desse modo, anela-se pela continuidade dos estudos sobre o funcionamento do discurso do sucesso midiático em suas possíveis frentes de articulação, tanto teórica quanto metodológica, com áreas afins às da linguagem, para que, com esse expediente, seja possível uma compreensão não apenas universalizante de seus efeitos, mas, sobretudo, a apreensão de suas características mais singulares, já que os heróis, possíveis antecessores dos sujeitos de sucesso, perderam, como a empiria pode comprovar, sua relevância diante do mundo do sucesso.

Referências

FOUCAULT, M. *A Arqueologia do Saber*. Tradução: Luiz Felipe Baeta Neves. 8. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2012.

GEHRINGER, M. *Sucesso passo a passo*. São Paulo: Globo, 2010.

HUGHES-HALLETT, L. *Heróis: salvadores, traidores e super-homens*. Tradução: Maria Alice Máximo. Rio de Janeiro: Editora Record, 2007.

MAXWELL, J. *O sucesso de amanhã começa hoje*. Tradução: Omar de Souza. São Paulo: Mundo Cristão, 2005.

SOARES, T. B. Sucesso: discursos contemporâneos de capitalização dos sujeitos. In: SOARES, T. B. (org.). *Múltiplas perspectivas em Análise do Discurso: objetos variados*. São Carlos, SP: Pedro & João Editores, 2018a.

SOARES, T. B. *Vozes do sucesso: uma análise dos discursos sobre os vícios e virtudes da voz na mídia brasileira contemporânea*. 2018b. Tese (Doutorado em Linguística) — Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2018b.

SOARES, T. B. As vozes midiáticas: o sucesso como fábrica estética de produção de sentidos. *Revista CBTeCLE*, Santa Ifigênia, v. 4, n. 1, p. 73-89, 2021. Disponível em: <https://revista.cbtecle.com.br/index.php/CBTeCLE/article/view/245>. Acesso em: 13 ago. 2024.

SOARES, T. B. *Composição discursiva do sucesso: efeitos materiais no uso da língua*. Brasília, DF: EDUFT, 2020a.

SOARES, T. B. Uma análise dos dizeres sobre a voz de sucesso midiático. *Cadernos de Estudos Linguísticos*, Campinas, v. 62, p. e020016, 2020b. DOI: [10.20396/cel.v62i0.8654477](https://doi.org/10.20396/cel.v62i0.8654477). Acesso em: 12 ago. 2024.

SOARES, T. B. Descolonizar a Análise do Discurso Brasileira: um ensaio acerca da formação imaginária eurocêntrica. *Periferia*, Rio de Janeiro, v. 15, p. e74881, 2023a. DOI: [10.12957/periferia.2023.74881](https://doi.org/10.12957/periferia.2023.74881). Acesso em: 5 ago. 2024.

SOARES, T. B. El éxito de la voz: significados mediáticos circulantes en la sociedad. *Linguagem em (Dis)curso*, Tubarão, v. 23, p. 1-14, 2023b. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/Linguagem_Discurso/article/view/10317. Acesso em: 14 ago. 2024.

SOARES, T. B. Discurso de sucesso contemporâneo na capitalização dos sujeitos. *Ideação*, Paraná, v. 25, n. 2, p. 16-32, 2023c. DOI: [10.48075/ri.v25i2.30032](https://doi.org/10.48075/ri.v25i2.30032). Acesso em: 14 ago. 2024.

SOARES, T. B. Estados da voz de sucesso: discursividades presentes no jornal “O Estado De S. Paulo”. *Cadernos de Linguagem e Sociedade*, Brasília, DF, v. 24, n. 1, p. 9-26, 2023b. DOI: [10.26512/les.v24i1.45792](https://doi.org/10.26512/les.v24i1.45792). Acesso em: 14 ago. 2024.

SOARES, T. B. Discurso do Sucesso: sentidos e sujeitos de sucesso no Brasil contemporâneo. *Revista Estudos Linguísticos*, São Paulo, v. 45, n. 3, p. 1082-1091, 2016. DOI: [10.21165/el.v45i3.658](https://doi.org/10.21165/el.v45i3.658). Acesso em: 8 ago. 2024.

SOARES, T. B. *Discursos do sucesso: a produção de sujeitos e sentidos do sucesso no Brasil contemporâneo*. São Carlos, SP: Pedro & João Editores, 2017.

SOARES, T. B. O sucesso da voz na mídia: dizeres sobre o discurso vocal. In: SOARES, T. B. *Percurso Discursivo: heterogeneidades epistemológicas aplicadas*. Campinas: Pontes Editores, 2022.

SOARES, T. B. Sentidos da voz: uma análise das unidades de discurso presentes no campo da oratória. *Humanidades & Inovação*, Tocantins, v. 6, n. 8, 2019. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/929>. Acesso em: 5 ago. 2024.

SOARES, T. B. Sobre a voz de sucesso midiático: uma análise da construção discursiva do sucesso de Ana Castela na revista *Veja*. *Muiraquitã: Revista de Letras e Humanidades*, Acre, v. 12, n. 1, 2024a. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/mui/article/view/7337>. Acesso em: 15 ago. 2024.

SOARES, T. B. *Voz, mídia e sucesso: sons, sentidos e sociedade*. Campinas: Pontes Editores, 2024b.

SOARES, T. B.; BOUCHER, D. F. A estética do sucesso vocal: discursos engendrados na construção de vozes de sucesso midiático. *Anuário de Literatura*, Santa Catarina, v. 25, n. 2, p. 101-118, 2020. DOI: [10.5007/2175-7917.2020v25n2p101](https://doi.org/10.5007/2175-7917.2020v25n2p101). Acesso em: 12 ago. 2024.

VICO, G. *Ciência nova*. Tradução: Sebastião José Roque. São Paulo: Icone, 2008.

WONG, R. *O sucesso está no equilíbrio*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

Submetido 28/05/2024. Aprovado 20/08/2024
Avaliação: revisão duplo-anônimo

Os institutos federais no enfrentamento à covid-19: uma análise com auxílio da tecnologia da informação

FEDERAL INSTITUTES IN COMBATING COVID-19: AN ANALYSIS WITH THE HELP OF INFORMATION TECHNOLOGY

INSTITUTOS FEDERALES AL ABORDAR EL COVID-19: UN ANÁLISIS CON AYUDA DE LA TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN

Elisa Missae Yamashita Umezu
Instituto Federal de Brasília (IFB)
elisamissae@gmail.com

Cláudio Nei Nascimento da Silva
Instituto Federal de Brasília (IFB)
claudio.silva@ifb.edu.br

Elcio Umezu
Companhia Nacional de Abastecimento (Conab)
eumezu@gmail.com

Resumo

A pandemia de covid-19, declarada oficialmente em março de 2020, afetou diferentes setores sociais. Dentre os setores mais afetados por essa emergência sanitária estava a educação. Esta pesquisa teve o objetivo de descrever as decisões tomadas pelos institutos federais (IFs) para mitigar os efeitos da pandemia nas atividades educacionais desenvolvidas pelas instituições. Para tanto, foram coletadas informações relativas às ações administrativas, acadêmicas, solidárias, consultivas, informativas e deliberativas, motivadas pelo governo federal, distrital, estadual, bem como pelo Poder Judiciário e pelos próprios IFs. As informações foram classificadas em: público-alvo, tipo de ação, detalhamento e motivador das ações. Os resultados encontrados apontaram, por meio do programa Microsoft Power BI, que os IFs procuraram priorizar a comunidade acadêmica, principalmente os estudantes em situação de vulnerabilidade social, em seguida a comunidade externa, demonstrado no trabalho de extensão dos IFs. Conclui-se que os IFs trouxeram contribuições importantes para o enfrentamento da covid-19, especialmente nas comunidades em que estão instalados.

Palavras-chave: educação profissional e tecnológica; pandemia; Instituto Federal de Educação.

Abstract

The Covid-19 pandemic, officially declared in March 2020, affected different social sectors. Among the sectors most affected by this health emergency was education. This research aimed to describe the decisions taken by Federal Institutes to mitigate the effects of the pandemic on the educational activities carried out by the institutions. To this end, information was collected regarding administrative, academic, solidarity, consultative, informative and deliberative actions, motivated by the Federal, District, State Government, Judiciary and by the FIs themselves. The information was classified into: target audience,

action, detail and motivator of the actions. The results showed that the IFs sought to prioritize the academic community, especially students in situations of social vulnerability, followed by the external community, demonstrated in the extension work of the Federal Institutes. It is concluded that the IFs made important contributions to combating Covid-19, especially in the communities in which they are located.

Keywords: professional and technological education; pandemic; Federal Institute of Education.

Resumen

La pandemia de covid-19, declarada oficialmente en marzo de 2020, afectó a distintos sectores sociales. Entre los sectores más afectados por esta emergencia sanitaria se encontraba la educación. Esta investigación tuvo como objetivo describir las decisiones tomadas por los institutos federales para mitigar los efectos de la pandemia en las actividades educativas realizadas por esas instituciones. Para ello, se recopiló información sobre acciones administrativas, académicas, solidarias, consultivas, informativas y deliberativas, motivadas por el gobierno federal, distrital, estatal, el Poder Judicial y por los propio IF. La información se clasificó en: público objetivo, tipo de acción, detalle y motivador de las acciones. Los resultados encontrados mostraron que los IF buscaron priorizar a la comunidad académica, especialmente estudiantes en situación de vulnerabilidad social, seguida de la comunidad externa, demostrado en el trabajo de extensión de los institutos federales. Se concluye que los IF hicieron importantes aportes en el combate al covid-19, especialmente en las comunidades en las que se ubican.

Palabras clave: educación profesional y tecnológica; pandemia; Instituto Federal de Educación.

Introdução

Desde que a Organização Mundial da Saúde (OMS) fez o alerta mundial em 11 de março de 2020, diversas instituições de ensino em diferentes partes do mundo foram obrigadas a criar estratégias para mitigar os impactos da pandemia de covid-19 no desenvolvimento das atividades educacionais. No Brasil, uma das primeiras respostas a essa emergência sanitária foi a suspensão das atividades letivas, convertendo o trabalho pedagógico presencial em sala de aula em trabalho remoto em casa – com ou sem o suporte de tecnologias de comunicação e informação digitais e Internet.

No campo da educação profissional, estudos como o de Castilho e Silva (2020) foram realizados para compreender o comportamento da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica diante de situações difíceis, como a decisão de fechar ou não os estabelecimentos de ensino, para preservar a saúde dos estudantes e servidores. Yamaguchi e Yamaguchi (2020, p. 11), ao analisarem a realidade do ensino profissional e tecnológico no estado do Amazonas, constataram que “o ensino híbrido com o uso de TIC, adotado no interior do Amazonas, minimizou os impactos das aulas não presenciais e possibilitou o cumprimento da carga horária mínima, para o ano letivo de 2020 e tanto os professores quanto os alunos buscaram adaptar-se a essa nova realidade de ensino”.

Importante destacar que a educação em geral e mesmo a educação profissional e tecnológica não são um campo social homogêneo. A pandemia de covid-19 impactou diferentes setores e níveis educacionais. É o caso da Educação de Jovens e Adultos (EJA) articulada à educação profissional. Ao refletir sobre a pandemia do coronavírus associada à crise estrutural do capital no contexto da EJA – EPT, Winter e Maraschin (2021, p. 50) concluíram que a pandemia trouxe “à tona o aumento da pobreza e, mais ainda, [...] a falta de acesso às tecnologias digitais, ao emprego e renda, excluindo mais uma vez os trabalhadores estudantes da EJA e EJA – EPT”. Apesar disso, os autores

consideraram que a escolarização é um fator importante no enfrentamento dos desafios da vida social e econômica, pois, com a formação, os estudantes passam a carregar “melhores condições de ler o mundo, ainda que, mesmo assim, no sistema capitalista, necessitem vender sua força de trabalho, talvez por um salário precarizado, mas necessário para a sua subsistência” (Winter; Maraschin, 2021, p. 50).

Com a pandemia, problemas históricos da educação brasileira se acentuaram, como a desigualdade educacional, a precarização do trabalho docente, as dificuldades de aprendizagem, entre outros, sobretudo com os danos recaindo sobre as classes menos aquinhoadas da sociedade. Apesar disso, ao analisar a literatura científica produzida durante a pandemia, Dias e Ramos (2022, p. 867) demonstraram “que a pandemia não parou a produção científica no mundo e que a Educação continua a ser uma ferramenta para a transformação da sociedade”.

O esforço dos IFs para mitigar os efeitos da pandemia nos processos de aprendizagem nos cursos ofertados pode ser compreendido como uma resposta ao recrudescimento das mazelas educacionais a partir da covid-19. No bojo deste movimento, esta pesquisa considera como pressuposto o potencial de contribuição dos IFs para a transformação da vida coletiva e individual por meio da educação. Nesse sentido, a pesquisa da qual este trabalho decorre descreveu as ações dos institutos federais integrantes da Rede Federal no enfrentamento da covid-19 desde a declaração de pandemia pela OMS até dezembro de 2022. O objetivo foi traçar um panorama do comportamento dos institutos federais de educação, ciência e tecnologia, a fim de verificar o sentimento de rede inerente a esse conjunto de instituições.

Metodologia

Natureza e técnica da pesquisa

A pesquisa, de natureza descritiva, utilizou a técnica da análise documental para o levantamento dos dados. A fonte dos dados foi o portal de notícias de cada IF, no qual as ações são divulgadas abertamente para toda a comunidade. Os dados foram analisados de modo a perceber aspectos que revelassem a natureza, as motivações, o público-alvo e a tipologia das ações institucionais que estavam voltadas ao enfrentamento dos impactos da covid-19 nas atividades dos institutos federais. Os dados coletados foram armazenados e modelados no programa Microsoft Excel para depois serem processados no programa Microsoft Power BI de análise e cruzamento de dados, possibilitando as visualizações gráficas e tabulação das várias ações de enfrentamento dos institutos.

Processamento de dados com o uso de business intelligence

O Business Intelligence (BI) tem como principal objetivo fornecer um acesso iterativo, por vezes em tempo real, aos dados coletados. Isso permite a manipulação de dados e dá aos gestores e analistas a capacidade de realizar análises adequadas. Por meio da análise de dados, situações e desempenhos passados e presentes, os tomadores de decisão podem obter insights valiosos, que os ajudam a tomar decisões mais fundamentadas e melhores. O processo de BI envolve a transformação de dados em informações, que então se transformam em decisões e finalmente em ações (Sharda; Delen; Turban, 2019).

É amplamente reconhecido que os *dashboards* informativos são um elemento frequente em diversas plataformas de análise de negócios, sistemas de gestão de desempenho empresarial e softwares de avaliação de desempenho. Esses *dashboards* proporcionam uma visualização clara de informações relevantes, que são consolidadas e estruturadas em uma única tela. Isso permite que as informações sejam compreendidas rapidamente e exploradas em profundidade e com facilidade (Sharda; Delen; Turban, 2019).

A ideia de *dashboards* não é recente, com sua origem remontando ao sistema de informações executivas da década de 1980. Segundo Sharda, Delen e Turban (2019), hoje em dia é inegável a presença constante dos *dashboards*. O Power BI, uma ferramenta de *Business Intelligence* da Microsoft, é um serviço voltado para análises de negócios que se propõe a lidar com uma variedade de cenários. Com uma interface intuitiva, o Power BI é capaz de gerar relatórios rapidamente a partir de dados agrupados. Além disso, ele incorpora o conceito de *dashboard*, apresentando uma gama de indicadores em formatos diversos como tabelas, matrizes, gráficos, mapas e símbolos (Ferreira, 2019).

O uso do Power BI permitiu o desenvolvimento de *dashboards* que apresentam, de forma fácil e objetiva, as informações coletadas nos dados disponíveis nos sites dos institutos federais. Os dados coletados passaram por um trabalho de transformação por meio da utilização de técnicas de BI. A modelagem dos dados possibilitou o agrupamento dos dados por: tipo de ação, público-alvo, ações realizadas, motivadores e os respectivos locais (IFs), além de permitir a contabilização em valor percentual, médio e absoluto. Como os *dashboards* desenvolvidos permitem diversas combinações de dados, o resultado possibilita que os usuários obtenham informações de forma facilitada e direta sobre as ações realizadas por um determinado IF durante a pandemia de covid-19.

O *dashboard* produzido como resultado desta pesquisa apresenta painéis por meio dos quais se pode acompanhar, de modo dinâmico, a apresentação dos dados. O painel é composto por cartões que apresentam dados quantitativos de: dados totais, dados selecionados, dados percentuais, unidades federativas, tipo de ação, motivador, público-alvo, ações, IFs com ações – IF que não tenha praticado a ação específica não foi contabilizado – e número total de IFs no Brasil. Além disso, contém componentes com filtros que são segmentadores de dados como: ação, motivador, público-alvo e tipo de ação. O campo IF, juntamente com as ações, é um componente de filtro e uma tabela de dados. O campo ações é um gráfico de barras empilhadas. Todos esses filtros possibilitam o cruzamento de dados, e o resultado é mostrado no gráfico de barras.

Resultados e Discussão

As ações institucionais dos institutos federais no enfrentamento da covid-19 no período de 2020 a 2022: uma análise com a utilização da tecnologia da informação

Após a declaração de pandemia pela OMS, o Ministério da Educação (MEC) publicou a Portaria n. 329, que criou o Comitê Operativo de Emergência (COE/MEC) (Brasil, 2020b). Em decorrência dessa publicação, alguns institutos federais criaram prontamente seus comitês para analisar a situação da pandemia. Todos os institutos

suspenderam as atividades presenciais quase ao mesmo tempo, fazendo com que o retorno do calendário acadêmico ocorresse de maneira não presencial. Contudo, os institutos não interromperam suas atividades e o retorno presencial às aulas ocorreu de modo variado, uma vez que alguns institutos retornaram mais cedo e outros mais tarde. A pesquisa constatou que os IFs lançaram editais para a execução de projetos com o objetivo de mitigar os efeitos da pandemia e que a maioria dos projetos aprovados foi direcionada a ações solidárias, como fabricação e doação de equipamentos e produtos sanitizantes para conter o aumento de casos de covid-19. Em alguns casos, desenvolveram-se softwares para o monitoramento da pandemia, além de projetos voltados para a comunidade indígena. Alguns institutos lançaram editais de auxílio digital, oferecendo chips de dados, tablets e auxílio monetário, com o intuito de minimizar a desigualdade e a exclusão digital dos estudantes em situação de vulnerabilidade.

Os dados apresentados constituem uma demonstração das possibilidades de exibição dos resultados da pesquisa por meio de um *dashboard*. Nesse sentido, representam apenas uma fotografia no momento da configuração dos dados em exibição. Recomenda-se, portanto, o acesso ao *dashboard*¹ para que se possa obter, de modo dinâmico e em tempo real, outras possibilidades de interpretação desses resultados.

Em uma análise inicial, o primeiro resultado demonstra um panorama abrangente, no qual são apresentados, por meio da Figura 1, dados relativos às seguintes variáveis: as ações, os motivadores das ações, o público-alvo, o tipo de ação e o instituto federal ao qual tais variáveis se referem. Trata-se, portanto, da primeira página do painel (*dashboard*), que consiste em uma visão geral do resultado da pesquisa.



Figura 1 - Painel 1 (visão geral das ações dos institutos federais)

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

A Figura 2 representa o *dashboard 2*, que possibilita uma visualização geral das ações realizadas, da quantidade de ações que cada IF executou, direcionadas para cada público-alvo de todos os IFs contabilizados.

1 Instituto [...] (2023).

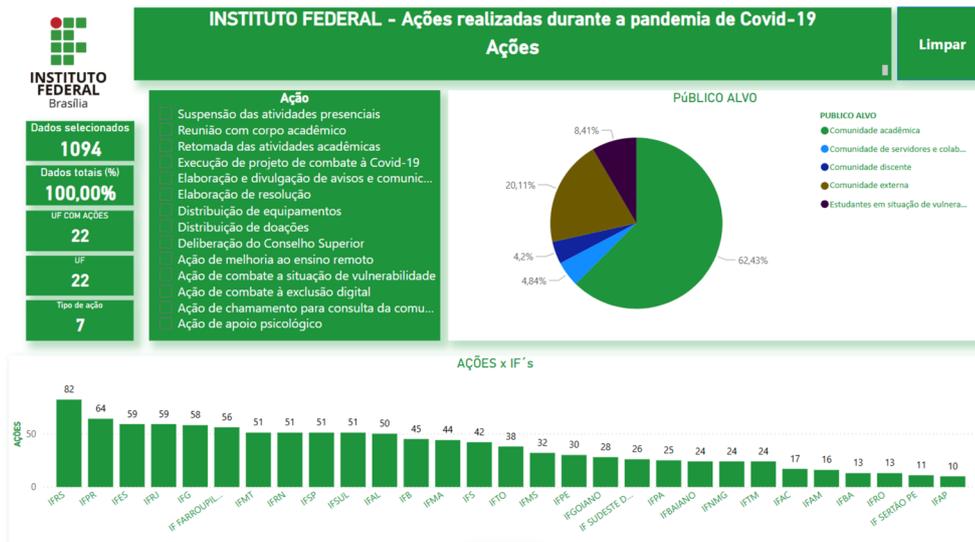


Figura 2 - Ações realizadas pelos institutos federais e Público-alvo
 Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

O *dashboard 2* contém: cartão de dados quantitativos, segmentador de dados, um gráfico de pizza e um gráfico de colunas empilhadas. Desse modo, permite o cruzamento de dados fornecendo informações dos tipos e da quantidade de ações que cada instituto realizou. Pode-se observar, com clareza, a distribuição desigual das ações pela variável público-alvo. O público-alvo “comunidade acadêmica” foi responsável por 62,43% das ações dos IFs.

A Figura 3 possibilita a visualização dos tipos de ações orientadas para o público-alvo de todos os IFs do Brasil. Observa-se que as ações informativas, solidárias e deliberativas ocorreram em maior quantidade, e a comunidade acadêmica foi o público-alvo que mais se beneficiou dessas ações, seguida da comunidade externa.

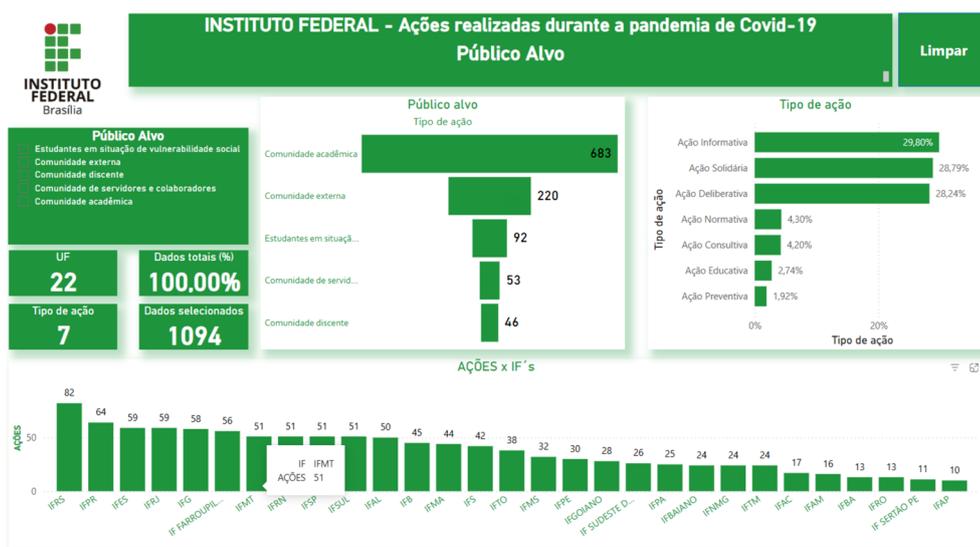


Figura 3 - Público-alvo e Tipo de ação
 Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

A Figura 3 possibilita a visualização dos tipos de ações orientadas para o público-alvo de todos os institutos federais do Brasil e contém cartão de dados quantitativo,

gráfico de funil, gráfico de barras empilhado e gráfico de coluna empilhada, permitindo, com isso, o cruzamento de dados com resposta interativa do painel.

As ações de enfrentamento da covid-19 por instituto

De 11 de março de 2020 a 31 de dezembro de 2022, foram coletados 1094 dados, descritos no cartão “Dados totais”, relacionados à pandemia de covid-19 (Figura 1). As informações coletadas dependeram exclusivamente dos dados que cada instituto publicou oficialmente em seu portal. Conforme os dados levantados, o Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) foi o que mais publicou ações, com 82 notícias, enquanto o Instituto Federal do Amapá (Ifap) ficou com apenas 10 notícias publicadas. O instituto com mais ações de apoio psicológico foi o Instituto Federal de Alagoas (Ifal), com ações direcionadas à comunidade acadêmica, seguida da comunidade de servidores e colaboradores, de acordo com o apresentado na Figura 4.

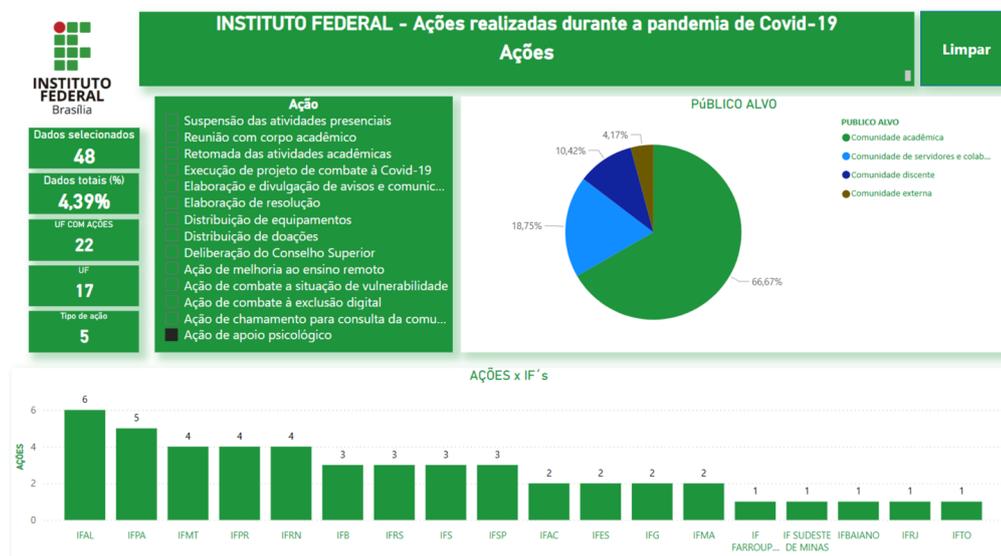


Figura 4 - Resultado das variáveis: Instituto Federal x Ação de apoio psicológico x Público-alvo
Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

A Figura 5 demonstra que o Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) foi o que realizou mais ações de combate à exclusão digital, tendo como público-alvo estudantes em situação de vulnerabilidade social. Demonstrou-se que o IFRJ, ao realizar as ações, publicou em seu portal notícias do tipo: auxílio ou distribuição de chips, doações de equipamentos, entre outras ações, para minimizar a exclusão digital.

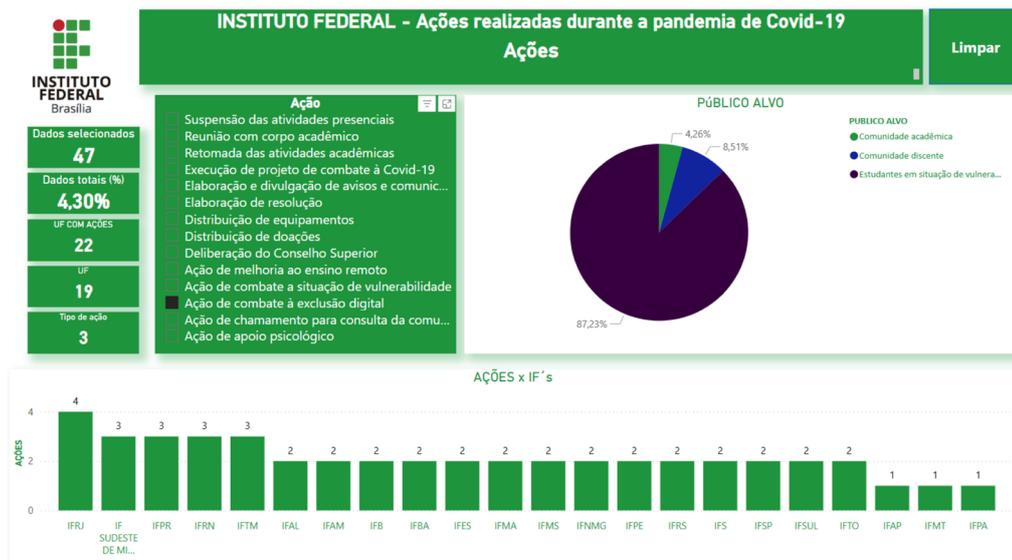


Figura 5 - Resultado por Ação de combate à exclusão digital e o Público-alvo

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

O Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste MG), o Instituto Federal do Paraná (IFPR), o Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) e o Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) apareceram logo após o IFRJ no ranking de instituições com ações de combate à exclusão digital.

O Instituto Federal de Goiás (IFG) realizou mais ações de execução de projetos de combate à covid-19. Projetos como manutenção de equipamentos médico-hospitais, pesquisa sobre as condições de saúde da comunidade e de busca e identificação de possíveis epicentros de contaminação, tendo como público-alvo a comunidade externa, que inclui hospitais, postos de saúde, comunidade indígena, entre outros, como demonstrado na Figura 6.

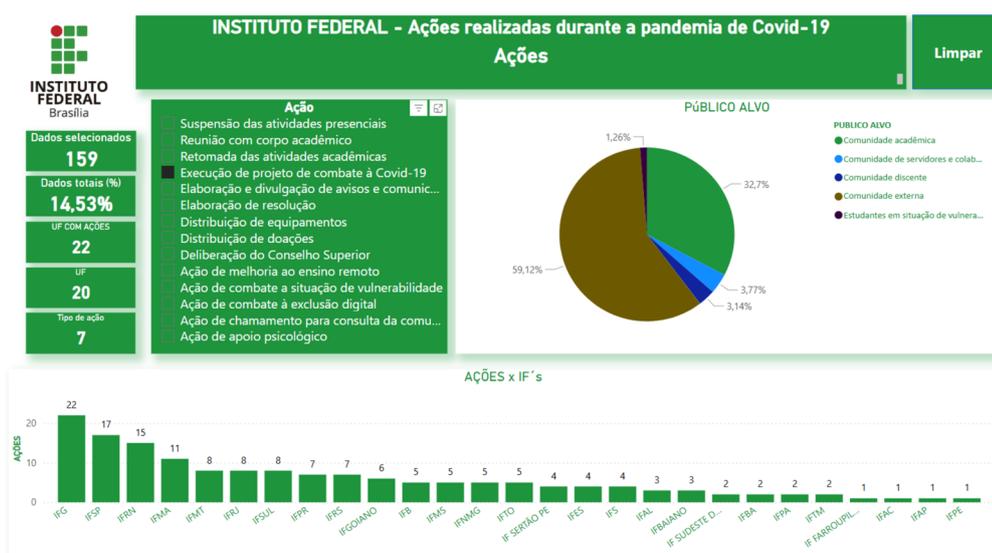


Figura 6 - Execução de projeto de combate à covid-19 x Público-alvo

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

Na Figura 7 pode-se visualizar que o Instituto Federal de São Paulo (IFSP) foi o que mais realizou ações solidárias, tendo como público-alvo a comunidade

externa, seguido pelo Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT), o Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) e o Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS). As ações solidárias foram detalhadas como sendo a atividade que visa melhorar as condições materiais, de salubridade, culturais ou educativas da comunidade.

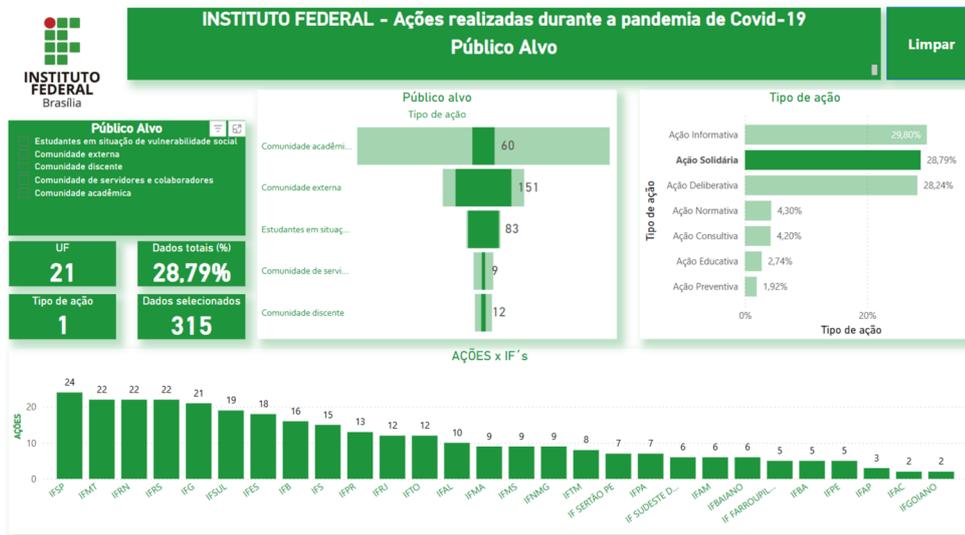


Figura 7 - Ação solidária x Quantidade de ação realizada por cada Instituto Federal
Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

Aplicando o cruzamento de dados entre ação solidária e estudantes em situação de vulnerabilidade social, obtém-se o resultado que, entre as 92 ações voltadas para o público específico, 90,22% foram ações solidárias. Essas ações foram realizadas em 20 unidades federativas do Brasil.

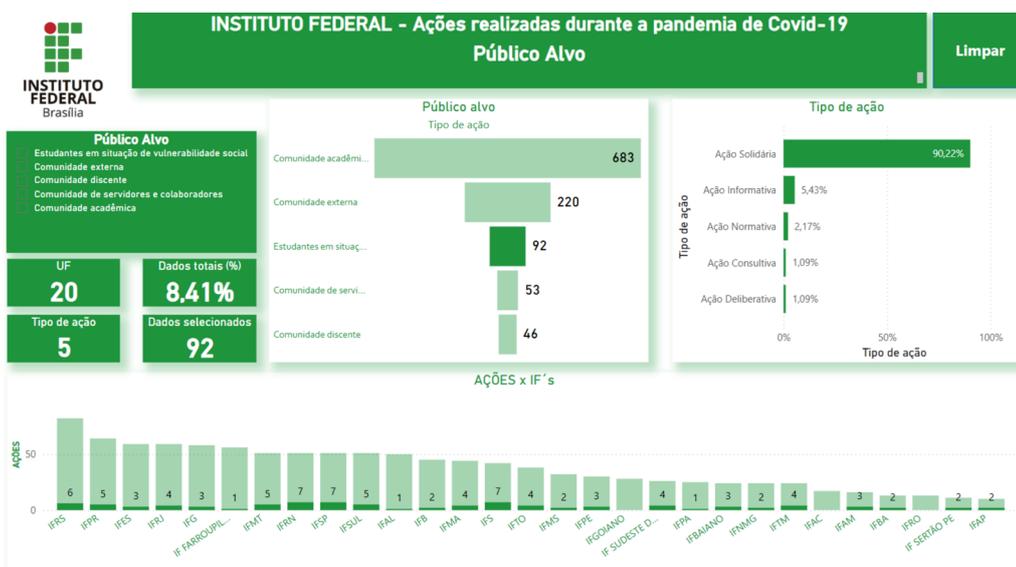


Figura 8 - Ação solidária x Estudantes em situação de vulnerabilidade social
Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

Em síntese, os painéis apresentados demonstraram haver inúmeras possibilidades de cruzamento de dados, fornecendo vários tipos de informações e análises. Esses painéis referem-se a um retrato dos dados a partir de combinações específicas, a título de demonstração.

As dificuldades na comunicação das ações por parte dos institutos federais

Segundo Pacheco (2011, p. 18), os institutos federais “assumem o papel de agentes estratégicos na estruturação das políticas públicas para a região que polarizam, estabelecendo uma interação mais direta junto ao poder público e às comunidades locais”. Tal estruturação deverá constituir uma rede de ações educacionais em todo o Brasil, possibilitando ou permitindo a integração em relação às políticas de educação profissional e tecnológica unificadas. Apesar de os institutos federais pertencerem à Rede Federal e, com isso, estarem articulados entre si em torno de políticas comuns, percebem-se muitas especificidades entre os IFs, o que pode ser demonstrado nas características e na apresentação de seus portais na Internet. Há portais com uma boa navegação, como é o caso dos portais do IFSP e do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG). Em outros portais, observou-se certa dificuldade na navegação, como naqueles em que as notícias não são datadas. Dos 38 institutos federais, 9 não continham dados no seu portal de notícias na Internet. Na Figura 1, no cartão “IF com ações”, como se pôde verificar, constam 29 IFs. Os 9 institutos sem dados apresentaram resultado zero para número de ações. Os dados que foram coletados dependeram exclusivamente das informações coletadas nos portais, e isso pode ter deixado de fora ações que não foram divulgadas de maneira oficial para a comunidade, ocasionando a falta de aprofundamento na discussão sobre os desafios que os IFs enfrentaram durante a pandemia

Os institutos que não contabilizaram ações na pesquisa são apresentados no Quadro 1:

| Instituto Federal (sigla) | Constatação |
|---|--|
| Instituto Federal do Piauí (IFPI) | Notícias somente a partir do ano de 2023. |
| Instituto Federal Catarinense (IFC) | Sem notícias entre abril/2019 e julho/2022. |
| Instituto Federal do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) | Informações não estão localizadas na aba notícias, sendo separadas sem datas no subitem comunicação. Optou-se por não utilizar esses dados devido a dificuldades de navegação no portal. |
| Instituto Federal do Ceará (IFCE) | Notícias somente a partir de 08/03/2023. |
| Instituto Federal de Roraima (IFRR) | Notícias somente a partir de 15/02/2022. |
| Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) | No portal se encontra um subitem covid-19, com portarias e normativas, não há informações em notícias. |
| Instituto Federal da Paraíba (IFPB) | Notícias somente a partir de 21/12/2021, no portal há o subitem coronavírus, com resoluções e portarias. |
| Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) | Notícias somente a partir de 17/02/2022. |
| Instituto Federal Fluminense (IFF) | Notícias somente a partir de 23/11/2022. |

Quadro 1 - Os institutos que não contabilizaram ações
Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

Os dados revelam uma necessidade de padronização das ações de comunicação entre os institutos federais. Os institutos federais, que fazem parte das instituições que compõem a Rede Federal, deveriam cumprir protocolos mínimos de comunicação de suas ações e seus projetos. Com isso, estariam mais bem articulados com a comunidade, já que o portal na Internet das instituições públicas, na atualidade, corresponde ao seu principal canal de comunicação com o público externo e interno.

Considerações finais

A análise e o cruzamento de dados das ações realizadas pelos institutos federais evidenciaram que as medidas de enfrentamento da pandemia reforçaram o papel social que os institutos exercem na sociedade e a preocupação com a comunidade acadêmica. As medidas e ações executadas pelos institutos não foram realizadas de maneira unilateral. As portarias, as notas informativas e os projetos decorreram de reuniões das comissões, dos comitês e de escutas à comunidade. Durante o período analisado, além do enfrentamento do novo coronavírus, houve outros agravantes que dificultaram os trabalhos dos institutos, como cortes no orçamento destinados a universidades e a institutos federais, decretos de governos estaduais e municipais e outras ações, como mudança na gestão dos institutos, propostas pelo MEC e impulsionadas pela Medida Provisória n. 979/2020, que permitiu a designação de dirigentes *pro tempore* durante a pandemia. Pelas informações disponíveis no portal, notou-se que alguns institutos se opuseram, de maneira mais veemente, às medidas anticidência à época.

Portanto, a pesquisa revelou o potencial de contribuição dos institutos federais com a realidade em que estão inseridos e, sobretudo, seu compromisso político com uma sociedade que se supera, continuamente, por meio da educação. Sem dúvida, a abrangência dos efeitos das ações dos institutos federais sobre suas respectivas comunidades, sobre as famílias dos estudantes e sobre sua comunidade interna é difícil de mensurar. Apesar disso, ficou evidente que os institutos federais se revelaram instituições de vanguarda e cientes de seu papel na estrutura de uma sociedade carente de participação do Estado e em circunstâncias tão adversas como foram aquelas circunscritas ao período relativo aos dados analisados neste trabalho.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. Portaria n. 329. Dispõe sobre o Conceito Enade referente ao ano de 2023, estabelece os aspectos gerais de cálculo, os procedimentos de manifestação das Instituições de Educação Superior sobre os insumos de cálculo e a divulgação dos resultados desse indicador. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, v. 1, n. 49, p. 165, março 2020b. ISSN 1677-7042.

CASTILHO, M. L.; SILVA, C. N. N. D. A Covid-19 e a Educação Profissional e Tecnológica: Um Panorama das ações de acompanhamento e enfrentamento da pandemia nos Institutos Federais. *Revista Nova Paideia - Revista interdisciplinar em educação e pesquisa*, Brasília, DF, 2020, p. 18-34.

DIAS, É.; RAMOS, M. N. A Educação e os impactos da Covid-19 nas aprendizagens escolares. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, São Paulo, v. 30, n. 117, p. 859-870, 2022.

FERREIRA, M. C. *Power BI® 2019: aprenda de forma rápida*. São Paulo: Expressa, 2019. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788536533872>. Acesso em: 24 out.



INSTITUTO Federal – Ações realizadas durante a pandemia de Covid-19: Visão Geral. *Microsoft Power BI*, Goiás, 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNGE0OTBiNWYtMTIzNS00MWM0LTgwMmQtMjQ5MzMyZW-VhYzRkliwidCI6ImU2ZDkwZGYzLWYxOGItNGJkZC04MDhjLWFhNmQwZjY4Yj-gwOSJ9>. Acesso em: 26 mar. 2024.

MICROSOFT. *Excel*. Acesso em 28 de Agosto de 2023.

MICROSOFT. *Power BI*. Acesso em 28 de Agosto de 2023.

PACHECO, E. (org.). *Os Institutos Federais: uma revolução na Educação Profissional e Tecnológica*. São Paulo: Editora Moderna, 2011.

SHARDA, R.; DELEN, D.; TURBAN, E. *Business intelligence e análise de dados para gestão do negócio*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2019. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788582605202>. Acesso em: 24 out. 2023.

WINTER, S. B.; MARASCHIN, M. S. EJA – EPT: a pandemia do COVID-19 e o agravamento da crise capitalista. *EJA em debate*, Santa Maria, RS, v. 10, n. 18, p. 40-51, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/EJA/article/view/3311>. Acesso em: 8 nov. 2023.

YAMAGUCHI, H. K. D. L.; YAMAGUCHI, K. K. D. L. Aulas não presenciais: um panorama dos desafios da Educação Tecnológica em tempo de pandemia do Covid-19 no interior do Amazonas. *Revista de Estudos e Pesquisa sobre Ensino Tecnológico (Educitec)*, Manaus, 2020.

Submetido 21/05/2024. Aprovado 29/01/2025
Avaliação: revisão duplo-anônimo

Gamificação na educação: as bases neurológicas e psicológicas para sua utilização

TITLE: GAMIFICATION IN EDUCATION: THE NEUROLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL FOUNDATIONS FOR ITS USE

TÍTULO: GAMIFICACIÓN EN LA EDUCACIÓN: LAS BASES NEUROLÓGICAS Y PSICOLÓGICAS PARA SU UTILIZACIÓN

Rômulo Batista da Silva

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG)
romulo.silva@ifnmg.edu.br

Jacks Richard de Paulo

Universidade Federal de Ouro Preto (Ufop)
jacks@ufop.edu.br

Resumo

Um desafio percebido para o ensino de um determinado conteúdo é a falta de motivação e engajamento dos discentes. Tal desafio torna necessário o uso de estratégias para que os estudantes participem ativamente do processo de ensino e de aprendizagem durante o período de aula ou fora dele, tanto de maneira individual quanto coletiva. A gamificação na educação utiliza elementos típicos dos jogos para engajar e motivar os alunos, melhorando a aprendizagem e a retenção de conhecimento. Este artigo explora as bases neurológicas e psicológicas que justificam a implementação da gamificação no ambiente educacional. Do ponto de vista neurológico, a gamificação ativa os sistemas de recompensa do cérebro, liberando dopamina e promovendo uma sensação de prazer e satisfação, podendo aumentar a motivação intrínseca dos alunos e facilitar a formação de memórias de longo prazo. Psicologicamente, a gamificação atende a diversas necessidades básicas, como a autonomia, a competência e o relacionamento. Ao proporcionar desafios adequados ao nível de habilidade dos alunos e um feedback contínuo, a gamificação pode aumentar o senso de competência e autonomia, bem como promover interações sociais positivas. Este trabalho revisa estudos e evidências empíricas que demonstram os benefícios da gamificação na educação, discutindo como esses mecanismos podem ser aplicados de forma eficaz para melhorar o desempenho acadêmico e o engajamento dos alunos.

Palavras-chave: educação; gamificação; neurociência; teoria do fluxo; teoria da motivação.

Abstract

A perceived challenge in teaching a particular subject is the lack of student motivation and engagement. This challenge makes it necessary to use strategies that encourage students to actively participate in the teaching and learning process, both during class time and outside of it, individually and collectively. Gamification in education employs game-like elements to engage and motivate students, enhancing learning and knowledge retention. This article explores the neurological and psychological foundations that justify the implementation of gamification in educational settings. From a neurological

perspective, gamification activates the brain's reward systems, releasing dopamine and promoting a sense of pleasure and satisfaction, which can increase students' intrinsic motivation and facilitate long-term memory formation. Psychologically, gamification addresses various basic needs, such as autonomy, competence, and relatedness. By providing challenges suited to students' skill levels and continuous feedback, gamification can enhance their sense of competence and autonomy while fostering positive social interactions. This paper reviews studies and empirical evidence demonstrating the benefits of gamification in education, discussing how these mechanisms can be effectively applied to improve academic performance and student engagement.

Keywords: education; gamification; neuroscience; flow theory; motivation theory.

Resumen

Un desafío percibido en la enseñanza de un determinado contenido es la falta de motivación y compromiso de los estudiantes. Este desafío hace necesario el uso de estrategias que fomenten la participación activa de los alumnos en el proceso de enseñanza y aprendizaje, tanto durante el horario de clase como fuera de él, ya sea de manera individual o colectiva. La gamificación en la educación emplea elementos característicos de los juegos para involucrar y motivar a los estudiantes, mejorando el aprendizaje y la retención del conocimiento. Este artículo explora las bases neurológicas y psicológicas que justifican la implementación de la gamificación en el entorno educativo. Desde una perspectiva neurológica, la gamificación activa los sistemas de recompensa del cerebro, liberando dopamina y promoviendo una sensación de placer y satisfacción, lo que puede aumentar la motivación intrínseca de los estudiantes y facilitar la formación de recuerdos a largo plazo. Psicológicamente, la gamificación satisface diversas necesidades básicas, como la autonomía, la competencia y la relación social. Al proporcionar desafíos adecuados al nivel de habilidad de los estudiantes y una retroalimentación continua, la gamificación puede aumentar su sentido de competencia y autonomía, además de fomentar interacciones sociales positivas. Este trabajo revisa estudios y evidencia empírica que demuestran los beneficios de la gamificación en la educación, discutiendo cómo estos mecanismos pueden aplicarse de manera efectiva para mejorar el rendimiento académico y el compromiso de los estudiantes.

Palabras clave: educación; gamificación; neurociencia; Teoría del Flujo; Teoría de la Motivación.

Introdução

Um dos maiores desafios para o ensino de um determinado conteúdo é motivar e promover o engajamento dos estudantes durante o período de aula ou fora dele, tanto de maneira individual quanto coletiva. Em diferentes níveis e modalidades de ensino, as instituições de ensino passaram a adotar estratégias lúdicas e elementos considerados motivacionais no planejamento de seus cursos e suas ações. A ideia de aprendizagem guiada por interações e jogos tem sido inserida em diversos contextos de aprendizagem.

As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) têm sido apontadas como uma das possíveis soluções para a criação de cenários de aprendizagem capazes de estimular a compreensão e a construção de conhecimento (Valente, 2014). Entretanto, pode-se inferir que, em virtude do avanço tecnológico provocado pelas TDICs, a geração que nasceu após o surgimento e estabelecimento dessas tecnologias mais contemporâneas apresenta alterações na forma de estudar e fazer pesquisa devido ao uso de recursos tecnológicos cada vez mais precoce e frequente.

Embora o uso de recursos tecnológicos para auxiliar no processo de ensino e de aprendizagem tenha aumentado nos últimos anos, a cultura digital que tem sido

vivenciada –com uso massivo de tecnologias digitais como mídias sociais, dispositivos móveis e softwares – provocou poucas mudanças no cenário escolar. No ensino, ainda são utilizadas diversas metodologias que não foram concebidas para a realidade desses discentes, na qual o mundo está a um clique na tela de seu smartphone.

Pesquisadores como Hamari *et al.* (2016) ressaltam a dificuldade de manter os alunos engajados em suas atividades, segundo os autores é complexo desenvolver o nível de engajamento preciso para alcançar um significativo potencial de aprendizado. Além disso, Li, Grossman e Fitzmaurice (2012) argumentam que, para manter a motivação de um indivíduo em qualquer ambiente, é preciso fornecer a ele estímulos de alta qualidade e com diferentes formatos.

O professor de agora deve estimular o interesse dos alunos, fornecer situações desafiadoras, debater com eles e prover condições para a construção do conhecimento, ou seja, criar contextos para a aprendizagem ocorrer. “Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção” (Freire, 1996, p. 12).

Diante do exposto, em meio a buscas por novos saberes para propor uma prática pedagógica que envolva e motive o estudante nos tempos atuais, os educadores debruçaram-se sobre as metodologias ativas, dentre elas a gamificação.

Por apresentar uma natureza divertida e lúdica, a gamificação pode ser uma possibilidade de apoio pedagógico. Ao usar mecanismos de jogos nos processos de ensino e de aprendizagem, essa metodologia pode ajudar a resolver problemas de envolvimento e participação dos alunos. A gamificação transforma tarefas comuns em atividades lúdicas semelhantes a jogos que propiciam escolhas em relação aos caminhos de aprendizagem. Pode ser usada em diversas atividades, como quebra-cabeças, simulações e questionários, dentre outras.

Em virtude das potencialidades da gamificação, este trabalho visa fundamentar sua utilização na educação com bases na neurociência e na psicologia. Para tanto, foram estudados os conceitos da gamificação e das neurociências com o objetivo de relacioná-los e apontar contribuições para o processo de ensino e de aprendizagem. Desse modo, buscou-se por teorias que corroborassem sua eficiência e eficácia, sendo selecionadas à teoria do fluxo e à teoria da motivação.

Gamificação

Antes de abordar a gamificação é preciso definir o conceito de jogo e entender seu significado na cultura humana. Segundo Huizinga:

o jogo é uma atividade ou ocupação voluntária, exercida dentro de certos e determinados limites de tempo e de espaço, segundo regras livremente consentidas, mas absolutamente obrigatórias, dotado de um fim em si mesmo, acompanhado de um sentimento de tensão e de alegria e de uma consciência de ser diferente da “vida cotidiana” (Huizinga, 2014, p. 33).

De acordo com Tarouco *et al.* (2004), desde os tempos mais antigos, jogar faz parte das atividades humanas, tanto na infância como em outros momentos. Para Fernandes e Ribeiro (2018, p. 2) “o uso de jogos para o processo de aprendizagem existe desde que a sociedade se fixou e os jovens tinham que aprender as atividades que desempenhariam quando adultos”.

Os jogos podem proporcionar um contexto ficcional por meio de narrativas, imagens e sons, que podem funcionar como tópicos de aprendizagem. Os mecanismos que os jogos oferecem atuam como um “motor motivacional do indivíduo”, possibilitando o engajamento nos mais variados ambientes e aspectos (Zichermann; Cunningham, 2011).

Para Farbiarz *et al.* (2019), os jogos fazem parte do contexto curricular-cultural dos jovens e conectam o prazer ao conhecer, possibilitando o desenvolvimento de saberes, habilidades, comportamentos, valores, competências e atitudes. Além disso, permitem a concepção de novas identidades e sociabilidades.

Gamificação (do original em inglês, *gamification*) corresponde ao uso de elementos de design de jogos em contextos não relacionados a jogos (Deterding *et al.*, 2011). Tais contextos representam ambientes que não correspondem ao de um jogo propriamente dito. De acordo com Busarello (2016), a definição do conceito de gamificação abrange cinco tópicos distintos (Figura 1), a saber: aprendizagem, narrativa, mecânicas de jogos, motivação e engajamento, e pensar como em jogos. Para o sistema gamificado alcançar o sucesso esperado é preciso que tais temas sejam considerados de forma interdependentes.

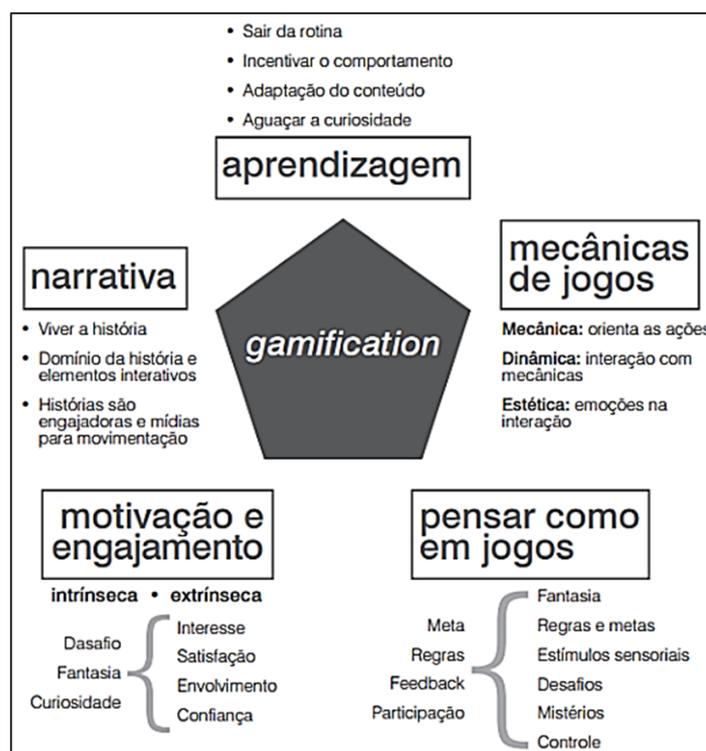


Figura 1 - Fundamentos da Gamificação

Fonte: Busarello (2016).

O entretenimento é um dos principais objetivos dos jogos, enquanto o engajamento e a melhoria da experiência dos usuários são metas da gamificação. Engajamento é a experiência simultânea de concentração, interesse, prazer, envolvimento afetivo, comportamental e cognitivo durante uma tarefa (Kim; Song; Lockee, 2018).

Para Busarello (2016), a gamificação tem o objetivo de despertar emoções positivas e revelar aptidões por meio de recompensas físicas ou virtuais ao longo da execução de determinada tarefa. O autor argumenta que ambientes gamificados apresentam o potencial de auxiliar na criação de contextos motivacionais por meio da exploração de desafios emocionantes e recompensas por dedicação e/ou eficiência.

Estudos, como o conduzido por Giannetto, Chao e Fontana (2013), indicam que o uso dessa técnica tem se mostrado eficiente para melhorar o engajamento e a motivação dos participantes. Segundo Vianna *et al.* (2013), a gamificação tem sido empregada para inovação, treinamento, desempenho de funcionários, marketing, saúde e mudança social. Na educação, têm sido realizadas diversas pesquisas, como os trabalhos de Souza e Paulo (2018), Jodoi *et al.* (2021), Santiago, Souza e Alves (2022), entre outros.

Neurociências

A neurociência é a ciência que estuda o sistema nervoso. É um campo interdisciplinar composto por diferentes áreas do conhecimento que busca pesquisar as diversas relações entre a atividade cerebral e o comportamento (Ferreira, 2019).

Os estudos sobre o funcionamento do cérebro auxiliam a entender como ele participa em diversos processos cognitivos, como inteligência, memória, linguagem, aprendizagem, tomada de decisões, alfabetização, leitura e escrita, interpretação textual e símbolos numéricos, raciocínio lógico, cálculos e emoções (Ferreira, 2019).

É por meio do cérebro que nos tornamos conscientes das informações que são transmitidas pelos órgãos responsáveis pelos sentidos e as processamos (Cosenza; Guerra, 2011). Acredita-se que o cérebro está continuamente preparado para captar os estímulos significativos ao nosso redor e aprender as lições que deles possam decorrer (Ferreira, 2019).

O neurônio é a célula responsável por enviar impulsos a outras células por meio das sinapses. As sinapses são as ligações por onde a informação é transmitida. Tal comunicação ocorre por meio da liberação de uma substância química que recebe o nome de neurotransmissor.

Pelo fato de as sinapses regularem as transmissões das informações no sistema nervoso, Cosenza e Guerra (2011) argumentam que elas são de fundamental importância na aprendizagem:

A aprendizagem é consequência de uma facilitação da passagem da informação ao longo das sinapses. Mecanismos bioquímicos entram em ação, fazendo com que os neurotransmissores sejam liberados em maior quantidade ou tenham uma ação mais eficiente na membrana pós-sináptica. Mesmo sem a formação de uma nova ligação, as já existentes passam a ser mais eficientes, ocorrendo o que já podemos chamar de aprendizagem. Para que ela seja mais eficiente e duradoura, novas ligações sinápticas serão construídas (Cosenza; Guerra, 2011, p. 38).

A aprendizagem ocorre pela formação e consolidação das conexões entre os neurônios, modificando a estrutura física e a organização funcional do cérebro. Ao aprendermos, o nosso cérebro muda por causa do fortalecimento das sinapses já existentes ou da formação de novas sinapses, visando melhorar as respostas futuras para situações semelhantes àquelas que impeliram o aprendizado.

Uma característica fundamental do sistema nervoso é a sua plasticidade, que é a “capacidade de fazer e desfazer ligações entre os neurônios como consequência das interações constantes com o ambiente externo e interno do corpo” (Cosenza; Guerra, 2011, p. 36).

A plasticidade do cérebro permite que tanto sua estrutura quanto seu funcionamento possam ser remodelados com a experiência. A plasticidade cerebral ocorre com maior intensidade e eficiência nos primeiros anos de vida e depois vai diminuindo, no entanto ela não desaparece na fase adulta ou na velhice. Em razão da natureza do desenvolvimento do ser humano, o processo de aprendizagem é contínuo durante toda sua vida, uma vez que, enquanto houver a criação de novas sinapses, mesmo que em menor escala, a capacidade de aprender será possível.

Segundo Cosenza e Guerra (2011), durante o sono entram em funcionamento os procedimentos envolvidos na criação de sinapses mais estáveis. Tanto as informações recebidas quanto as experiências vividas durante o período de vigília são analisadas, e aquelas consideradas mais significativas tornam-se mais estáveis e definitivas.

A memória tem a função de armazenar e recuperar informações. Dessa forma, pode ser compreendida como um processo de arquivamento seletivo de dados, que podem ser evocados, quando necessário, de forma consciente ou inconsciente. A memória consiste em um conjunto de processos neurobiológicos e neuropsicológicos que tornam possível a aprendizagem.

Teoria do fluxo e teoria da motivação

O fluxo é descrito como um estado mental no qual o indivíduo está totalmente imerso na atividade que está desempenhando, proporcionando sentimentos de prazer em sua realização.

De acordo com Csikszentmihalyi:

O fluxo tende a ocorrer quando as habilidades de uma pessoa estão totalmente envolvidas em superar um desafio que está no limiar de sua capacidade de controle. Experiências ótimas geralmente envolvem um fino equilíbrio entre a capacidade do indivíduo de agir e as oportunidades disponíveis para a ação. Se os desafios são altos demais, a pessoa fica frustrada, em seguida preocupada e mais tarde ansiosa. Se os desafios são baixos em relação às habilidades do indivíduo, ele fica relaxado, em seguida entediado. Se tanto os desafios quanto as habilidades são percebidos como baixos, a pessoa se sente apática (Csikszentmihalyi, 1999, p. 37).

Dessa forma, para que ocorra a experiência de fluxo é necessário que exista equilíbrio entre o desafio da tarefa que está sendo realizada e as habilidades de quem a executa. Caso o desafio seja maior que as habilidades, o indivíduo entra em estado de ansiedade; caso contrário, ou seja, se as habilidades forem superiores ao desafio, o estado provocado é o de tédio. Em ambos os casos, há descontentamento ou desprazer com a tarefa. É importante destacar que a existência do equilíbrio entre as habilidades e os desafios não determina a ocorrência do fluxo, mas esse equilíbrio é o elemento principal. A Figura 2 apresenta os fatores para a experiência de fluxo.

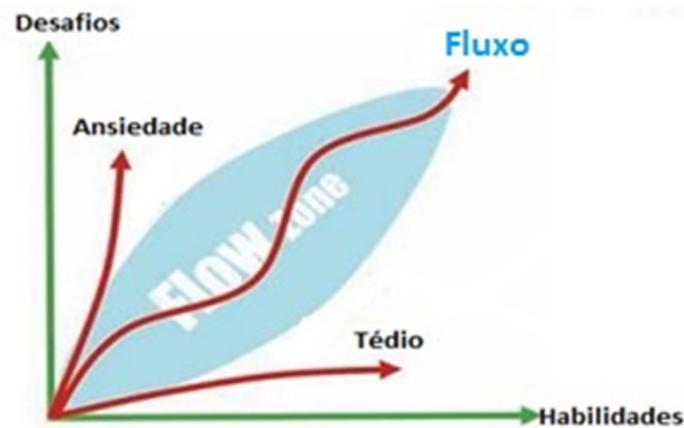


Figura 2 - Fatores para a experiência de fluxo
Fonte: Adaptado de Chen (2007).

A zona de fluxo (*flow zone*) é a área que permite ao indivíduo experimentar o fluxo, para se manter nessa área é preciso manter o equilíbrio entre as habilidades e os desafios. Além disso, é necessário que os objetivos da tarefa sejam claros e forneçam respostas imediatas para que a pessoa não tenha dúvidas ao realizá-los. De acordo com Csikszentmihalyi (1999, p. 36), “o fluxo costuma ocorrer quando uma pessoa encara um conjunto claro de metas que exigem respostas apropriadas” e “outra característica das atividades de fluxo é que elas oferecem *feedback* imediato; elas deixam claro o seu desempenho”.

Quando uma pessoa está em estado de fluxo, ela se concentra completamente na atividade que está realizando. Isso gera a perda da noção de tempo e da autoconsciência, bem como a maximização do desempenho. A teoria do fluxo é composta de nove elementos fundamentais: desafio, habilidades, objetivos claros, feedback, concentração, percepção alterada de tempo, perda da autoconsciência, controle e experiência autotélica (Csikszentmihalyi, 1999).

A sensação de controle permite que as pessoas lidem com a atividade porque elas sabem como responder às situações que podem ocorrer. A experiência autotélica é o objetivo final do estado de fluxo, pois a pessoa envolve-se novamente na tarefa pelo fato de ser intrinsecamente motivador e prazeroso realizá-la, ou seja, a recompensa da tarefa é a sua própria realização.

Diana *et al.* (2014) argumentam que a gamificação pode ser utilizada para que uma pessoa atinja o estado de fluxo, uma vez que propicia os elementos fundamentais para que o fluxo ocorra. Para que o estado de fluxo seja alcançado é preciso promover a concentração, estimular as habilidades por meio de desafios, fornecer objetivos claros, permitir a sensação de controle, dar respostas imediatas (*feedback*), provocar a perda da noção do tempo e da autoconsciência e proporcionar a experiência autotélica. Esses são objetivos que podem ser alcançados por meio da gamificação.

De acordo com Kim, Song e Lockee (2018), o conceito da teoria do fluxo é semelhante à Teoria da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), de Vygotsky, uma vez que ambas as teorias apoiam a ideia de que os efeitos da aprendizagem podem ser maximizados quando os alunos se envolvem em tarefas de aprendizagem que exigem o mais alto nível de suas habilidades. Para a Teoria da Motivação, a motivação refere-se ao estado mental ou emocional que provoca uma mudança comportamental ou psicológica de um indivíduo (Kim; Song; Lockee, 2018). A motivação pode ser dividida em dois tipos: intrínseca e extrínseca.

A motivação intrínseca é causada pelo próprio interesse, prazer ou curiosidade de um indivíduo. Para Ryan e Deci (2000), a motivação intrínseca pode ser definida como fazer uma determinada atividade por satisfações inerentes à própria atividade e não por alguma consequência externa. Uma pessoa que é motivada intrinsecamente realiza a atividade por diversão ou por se sentir desafiada, e não por causa de prêmios ou pressões.

A motivação extrínseca é gerada por fatores externos como recompensas, pressão ou punição (Kim; Song; Lockee, 2018). Para Muntean (2011), a motivação extrínseca acontece quando é estabelecida a uma pessoa a ação que deve ser executada e a recompensa a ser recebida ao final da ação.

Não é possível afirmar que um tipo de motivação é sempre mais eficaz e importante que o outro (Kim; Song; Lockee, 2018; Ryan; Deci, 2000). As pessoas não são motivadas pelas mesmas circunstâncias: uma pode ser motivada intrinsecamente, enquanto a outra extrinsecamente, em uma mesma atividade. Além disso, fatores como características da pessoa, contexto ou objetivo podem ser determinantes na maior eficiência de um dos tipos de motivação.

Segundo Kim, Song e Lockee (2018), alguns pesquisadores descobriram que, para o desempenho acadêmico, a motivação intrínseca é mais importante que a motivação extrínseca. Possibilitar os dois tipos de motivação simultaneamente pode ser mais benéfico do que viabilizar apenas um, mas isso não significa apenas misturar estratégias de motivação intrínseca com estratégias de motivação extrínseca. Entender as características dos alunos e os possíveis efeitos das estratégias a serem usadas é primordial para alcançar os objetivos propostos.

Gamificação e a educação

Para Kim, Song e Lockee (2018), a gamificação na educação é um conjunto de atividades e processos para resolver problemas relacionados à aprendizagem usando ou aplicando as mecânicas de jogos.

Os autores afirmam que a gamificação não é projetada apenas para a diversão e o prazer do estudante. É uma abordagem instrucional que pode ser usada para aumentar a eficácia da aprendizagem, melhorando o desempenho acadêmico; promover habilidades de colaboração; ampliar o envolvimento e a motivação dos alunos; melhorar a recordação e retenção; fornecer feedback instantâneo, permitindo que os alunos verifiquem seu progresso; e catalisar mudanças comportamentais.

Segundo Busarello (2016), o uso de estratégias gamificadas tem potencial significativo para tornar o processo de aprendizagem mais motivador e atraente, fazendo com que a relação dos alunos com o conhecimento seja mais divertida e agradável, possibilitando o desenvolvimento do seu nível de comprometimento.

Muitos pesquisadores revelaram que a gamificação pode melhorar o desempenho da aprendizagem ao promover a motivação, autoeficácia, mais retenção e o engajamento dos alunos. No trabalho realizado por Li, Grossman e Fitzmaurice (2012), foi desenvolvido o “GamiCAD”, um tutorial gamificado para usuários iniciantes do AutoCAD. Os resultados mostraram que os participantes que utilizaram o GamiCAD completaram as tarefas mais rapidamente e com maior precisão em comparação com aqueles que usaram tutoriais tradicionais. Além disso, os usuários relataram uma experiência de aprendizado mais agradável e motivadora.

Cechella, Abbad, Wagner (2021) desenvolveram um estudo com gerentes de bancos para avaliar o impacto da gamificação no aprendizado corporativo. Os resultados revelaram que a incorporação de elementos de jogo no treinamento aumentou

significativamente o engajamento e a retenção de conhecimento entre os participantes. Os gerentes que participaram do treinamento gamificado demonstraram melhor desempenho em avaliações subsequentes em comparação com aqueles que receberam treinamento convencional.

O estudo de Souza e Freitas (2023) analisou artigos publicados entre 2010 e 2021 que envolviam o uso de atividades gamificadas nos anos finais do ensino fundamental. Os resultados indicaram que a gamificação pode estimular a aprendizagem de diversas maneiras, incluindo: (i) melhoria na interação entre professores e alunos; (ii) percepção do lazer como parte do aprendizado; e (iii) facilitação da assimilação de informações, promovendo o desenvolvimento do pensamento complexo.

No entanto, o estudo também apontou possíveis impactos psicológicos negativos associados às atividades gamificadas, como alterações no sono, humor e apetite, além de isolamento social e comportamentos obsessivos. Em razão desses achados, os autores destacam a necessidade de novos estudos para avaliar as vantagens e desvantagens da gamificação, bem como estratégias para mitigar os efeitos negativos.

Muitos dos elementos presentes na gamificação têm base nas psicologias educacionais que já são utilizadas pelos profissionais da educação. Por exemplo, introduzir o uso de narrativas para modificar o contexto de uma atividade e incentivar o comportamento dos discentes.

Um ambiente no qual o pensar como em jogos é estimulado requer dos indivíduos autonomia para dominar um complexo sistema de regras. O ato de jogar compreende a área cognitiva da pessoa, e os padrões existentes no jogo determinam um complexo conjunto de regras que são orientadas por etapas menores, constituídas de pequenas tarefas.

A área cognitiva indica a autonomia do indivíduo, uma vez que suas habilidades e preferências determinam as escolhas das tarefas. As tarefas que compõem as etapas são desenvolvidas para serem ciclos de especialização nos quais as atividades curtas e rápidas exigem que o indivíduo busque, repetidas vezes, concluí-las. Esse processo baseado em tentativa e erro produz o aumento da habilidade necessária para resolver um determinado ciclo.

Tal fato está relacionado com a teoria apresentada por Csikszentmihalyi (1999), que afirma que o estado de fluxo de uma pessoa influencia sua motivação, ocorrendo no ponto de equilíbrio entre habilidades necessárias para concluir uma tarefa e os níveis de desafios encontrados e confrontados.

Um exemplo seria a situação na qual uma pessoa completa uma tarefa difícil da forma esperada e, dessa forma, sente uma emoção positiva pelo simples fato de ter conseguido superar determinada dificuldade. É importante abordar que o ato de jogar também abrange as áreas emocional e social do indivíduo. A área emocional expressa a competência do sujeito e está relacionada com o sucesso e o fracasso.

Para aumentar os sentimentos positivos, as pessoas devem reconhecer o sucesso na realização das tarefas de forma imediata. As tarefas devem ser criadas de modo que estejam em equilíbrio com as habilidades dos sujeitos.

A área social é a interação dos indivíduos durante a utilização do sistema gamificado e pode ser analisada por meio dos conceitos de Vygotsky acerca das interações sociais e da mediação cultural no processo de desenvolvimento humano. A gamificação utiliza elementos como recompensas, desafios, competições e colaborações para motivar e envolver os participantes. Esses elementos também podem ser vistos como formas de mediação cultural e social.

A mediação pode ser entendida como o processo de intervenção de um determinado elemento em uma relação. A existência de elementos mediadores torna as relações organismo/meio mais complexas, segundo Vygotsky (2007).

A aplicação de elementos de jogos em contextos educacionais pode ser um facilitador, uma vez que auxilia os estudantes a abordar os desafios – as atividades propostas – de uma maneira mais prazerosa. Tal prática está em consonância com a ideia da ZPD de Vygotsky, na qual a aprendizagem é favorecida pela interação com outros indivíduos ou recursos. A ZPD é a distância entre o nível de desenvolvimento real – aquilo que uma pessoa já sabe – e o nível de desenvolvimento potencial – aquilo que a pessoa pode aprender por meio da mediação – (Vygotsky, 2007).

Além disso, o uso da gamificação pode promover um ambiente mais colaborativo, permitindo aos alunos trabalharem juntos para alcançar objetivos comuns. O que também está de acordo com a abordagem sociocultural de Vygotsky (2007), que enfatiza a importância da interação social e da colaboração no desenvolvimento cognitivo e social.

O Quadro 1 relaciona os elementos da gamificação com conceitos da psicologia educacional.

| Elemento da Gamificação | Base na psicologia educacional | Descrição |
|---|--|---|
| Recompensas e pontuações | Reforço positivo (Skinner – behaviorismo) | O uso de recompensas para incentivar comportamentos desejados e aumentar a motivação. |
| Níveis e progressão | Teoria das Etapas do Desenvolvimento Cognitivo (Piaget - construtivismo) | O aprendizado ocorre em estágios progressivos e sequenciais, compatíveis com o nível de desenvolvimento do aluno. |
| Desafios e missões | Zona de Desenvolvimento Proximal (Vygotsky) | Propor tarefas que sejam desafiadoras, mas possíveis, incentivando a evolução das habilidades. |
| Feedback imediato | Teoria do Fluxo (Csikszentmihalyi) | O aprendizado é mais eficaz quando há resposta imediata, permitindo ajustes no comportamento. |
| Autonomia e escolhas | Teoria da Autodeterminação (Ryan e Deci) | A motivação aumenta quando os alunos têm controle sobre suas ações e podem tomar decisões. |
| Rankings e competição | Teoria da Comparação Social (Festinger) | As pessoas tendem a avaliar seu próprio desempenho, comparando-se com os outros. |
| Narrativa e imersão | Teoria do Fluxo (Csikszentmihalyi) | Um estado de imersão total ocorre quando há equilíbrio entre desafio e habilidade. |
| Colaboração e trabalho em equipe | Aprendizagem colaborativa (Vygotsky e Piaget) | O aprendizado é potencializado por meio da interação social e do trabalho em equipe. |
| Sistema de avatares e personalização | Teoria da Identidade (Erikson) | Mais envolvimento quando há personalização e identificação com o ambiente de aprendizado. |
| Exploração e descoberta | Aprendizagem por descoberta (Bruner) | O conhecimento é construído quando os alunos exploram e descobrem conceitos por conta própria. |

Quadro 1 - Relacionando elementos da gamificação com conceitos da psicologia educacional

Fonte: Elaborado pelos autores.

É preciso salientar que a gamificação na educação não é uma solução única para resolver todos os desafios educacionais. Além disso, apesar de apresentar diversas contribuições, também existem algumas desvantagens e considerações a serem

analisadas, como promover um aprendizado superficial, provocar a perda do foco no conteúdo que está sendo abordado ou a dependência de pontuações e recompensas.

A gamificação pode ser uma ferramenta eficaz para o ensino, porém precisa ser aplicada com planejamento e equilíbrio para evitar efeitos negativos.

Contribuições da neurociência para a educação

Vários autores – tais como Chupil, Souza e Schneider (2018); Cosenza e Guerra (2011); Ferreira (2019); Pantano e Zorzi (2009) – sustentam que a neurociência auxilia os profissionais de educação a entenderem melhor os processos cognitivos que estão envolvidos na aprendizagem e nas dificuldades de aprendizagem dos estudantes, permitindo que esses profissionais adquiram conhecimentos necessários para trabalhar com novas metodologias de ensino que possibilitem a intervenção ativa no processo de aprendizagem de seus estudantes.

A aprendizagem é um processo que acontece por meio de interações e socialização, no entanto consiste em um desenvolvimento individual, uma vez que o amadurecimento das capacidades cognitivas transcorre de acordo com as potencialidades de cada pessoa. É preciso fornecer estímulos a determinadas funções cognitivas, como a atenção, a percepção e a memória, para seu devido crescimento e consequentemente aumento das capacidades cognitivas.

Manter a atenção por períodos prolongados exige a ativação de circuitos neurais específicos. No entanto, após certo tempo, é normal que o foco se volte para estímulos no ambiente ou para novos pensamentos (Cosenza; Guerra, 2011). Assim, em uma longa aula expositiva, dificilmente os alunos serão capazes de manter o foco atencional durante todo o tempo.

É preciso, então, inserir intervalos por meio de pausas para descanso ou momentos de humor para propiciar relaxamento. Uma alternativa seria utilizar diferentes estratégias pedagógicas durante o tempo disponível, visando guiar o foco atencional para os aspectos mais importantes do conteúdo apresentado.

Para que a aprendizagem seja efetiva é necessária a formação e estabilização de novas conexões sinápticas, fixando de forma definitiva a nova informação no cérebro (Cosenza; Guerra, 2011). Criar um novo registro permanente demanda tempo e esforço pessoal. Estudos evidenciam que os processos de elaboração, repetição e consolidação são importantes.

A elaboração é a criação de associações entre o novo conhecimento e os que estão armazenados na memória. As informações que são aprendidas utilizando um nível mais complexo de elaboração têm uma quantidade maior de redes neurais e, consequentemente, serão um registro forte.

A repetição da informação, em conjunto com sua elaboração, fortalece o registro de memória, tornando-o mais durável. Quanto mais vezes essa atividade se repetir, mais ligações poderão ser estabelecidas com outras informações disponíveis no cérebro, fazendo com que o registro se fixe de maneira mais duradoura.

Para que ocorra a consolidação, são necessárias alterações biológicas nas ligações entre os neurônios, a fim de permitir que o registro se conecte a outros já existentes, com o objetivo de torná-lo permanente. Essas alterações abrangem a produção de substâncias, como proteínas, utilizadas para fortalecer ou criar as sinapses nos circuitos nervosos, facilitando a passagem do impulso nervoso. A consolidação é um processo que não é instantâneo, para que aconteça é preciso algum tempo. Ao final do processo, as novas memórias serão menos suscetíveis ao desaparecimento.

De acordo com o exposto, ensinar de modo a religar saberes adquiridos pelo estudante pode ser uma alternativa eficiente para a aprendizagem. E, ainda, é importante criar oportunidades para revisar o mesmo assunto mais de uma vez e possibilitar sua exploração em diferentes contextos, de modo que os processos de elaboração, repetição e consolidação possam ocorrer.

Outro fator que merece ser exposto é que distribuir o tempo dedicado ao aprendizado por várias sessões curtas funciona melhor do que ser feito em apenas uma sessão longa (Amthor, 2017; Cosenza; Guerra, 2011). O ser humano não aprende tudo o que estuda de um dia para o outro, e muito menos o que apenas presencia em sala de aula. O sono tem um papel fundamental no aprendizado (Amthor, 2017; Cosenza; Guerra, 2011; Pantano; Zorzi, 2009). Estudar durante a noite inteira para uma prova apenas sobrecarrega a memória de trabalho. É preciso que o processo de consolidação necessário para mover a informação para a memória de longo prazo ocorra de forma adequada.

A imitação e a observação são outras vias de aprendizagem, visto que possibilitam a utilização de modelos por meio dos quais serão desenvolvidas novas conexões (Chupil; Souza; Schneider, 2018). O ser humano nasce com esquemas cognitivos precursores que lhe permitem adquirir novos conhecimentos. A utilização de diferentes canais sensoriais, além do verbal, para levar a informação ao cérebro é outro aspecto importante.

As gerações passadas tinham como principal fonte de aprendizado os textos escritos, fato que não se repete nas gerações atuais, uma vez que os jovens têm ao seu dispor diversos dispositivos tecnológicos, principalmente móveis, e uma quantidade imensa de material multimídia disponível por meio da Internet. Para Cosenza e Guerra (2011), do ponto de vista da neurociência, isso é muito bom, pois possibilita aos jovens a oportunidade de construir uma rede neuronal mais complexa. Entretanto, nesse novo cenário, o professor deve auxiliar e orientar os alunos na seleção das informações, a fim de excluir aquelas pouco confiáveis ou irrelevantes.

As emoções são um fenômeno central da existência humana e sabe-se que elas têm influência significativa na aprendizagem e na memória. Por essa razão, as emoções precisam ser levadas em consideração nos processos educacionais (Cosenza; Guerra, 2011; Pantano; Zorzi, 2009). É importante planejar o ambiente escolar de modo que as emoções positivas – como curiosidade, desafio, entusiasmo e envolvimento – sejam mobilizadas, e que as negativas – como apatia, tédio, ansiedade e frustração – sejam evitadas, visando promover uma melhor aprendizagem. Além disso, incentivar a curiosidade do aluno e desafiar suas capacidades pode provocar uma análise crítica sobre sua formação (Freire, 1996).

Cosenza e Guerra (2011) sugerem que envolver os estudantes em atividades nas quais assumam um papel ativo, não sendo “meros espectadores”, pode construir um ambiente estimulante e agradável. Os autores também argumentam que desenvolver atividades nas quais sejam apresentadas metas supervisionadas, que façam uso da interatividade e sejam centradas nos alunos, são recursos correlacionados com o funcionamento dos processos atencionais; e, desse modo, podem provocar um aprendizado melhor.

É importante também ensinar estratégias de planejamento de atividades aos estudantes, para que aprendam a estabelecer metas dentro dos prazos estabelecidos e a decompor suas atividades em subtarefas que possam ser desenvolvidas mais facilmente (Cosenza; Guerra, 2011). Além disso, é fundamental orientá-los a buscar informações usando os meios disponíveis, identificando as questões mais relevantes,

organizando os dados de forma crítica, avaliando e generalizando as informações coletadas, e integrando os novos conceitos analisados ao conhecimento que já possuem.

Além disso, é preciso desenvolver no estudante a capacidade de ser flexível, de debater e discutir ideias, de lidar com as ambiguidades, de identificar erros, de tirar conclusões e de fazer escolhas (Cosenza; Guerra, 2011).

Conceitos compartilhados pela gamificação e pela neurociência e os benefícios para a educação

Para tornar mais fácil a visualização dos conceitos abordados, tanto pela neurociência quanto pela gamificação, foi elaborado o Quadro 2.

| Conceito | Gamificação | Neurociência |
|--|--|---|
| Motivação | Usa elementos motivacionais, como recompensas e desafios, para engajar os usuários. | Explora os sistemas de recompensa e motivação do cérebro para entender o que impulsiona o comportamento humano. |
| Aprendizado e memória | Incorpora princípios de design que facilitam a aprendizagem e a memorização, como desafios graduais e feedback imediato. | Estuda os mecanismos subjacentes à formação e recuperação de memórias. |
| Recompensas e dopamina | Utiliza recompensas para estimular a liberação de dopamina e, assim, manter os usuários envolvidos. | Investiga como a dopamina afeta a aprendizagem, o comportamento e a motivação. |
| Emoções e respostas cerebrais | Adiciona elementos emocionais para aumentar o envolvimento do usuário. | Estuda como as emoções são processadas no cérebro e como elas influenciam o comportamento humano. |
| Desafios e superação dos obstáculos | Usa desafios para manter os usuários interessados. | Explora como o cérebro responde a situações desafiadoras. |
| Engajamento e fluxo | Busca criar experiências envolventes que induzam ao estado de fluxo. | Investiga os processos cognitivos subjacentes a esse estado. |

Quadro 2 - Conceitos compartilhados pela gamificação e pela neurociência

Fonte: Elaborado pelos autores.

Aplicar os conceitos da gamificação, que têm bases nas neurociências, em sala de aula pode gerar diversos benefícios para os professores em suas práticas pedagógicas. A neurociência enfatiza a repetição espaçada no tempo e a revisão constante para contribuir para uma melhor retenção de informações no decorrer do tempo, e a gamificação oferece diversos recursos para isso.

A gamificação possibilita que as aulas se tornem mais lúdicas, envolventes e interessantes para os alunos, mantendo sua atenção por mais tempo. A neurociência afirma que a atenção é um mecanismo fundamental para a aprendizagem e que abordar os conteúdos de forma estimulante para os estudantes pode ajudar os professores a transmitirem as informações de maneira mais eficaz, uma vez que os alunos tendem a absorver melhor o conteúdo quando estão engajados.

O feedback também é muito importante para o processo de aprendizagem. Os docentes podem adaptar suas abordagens de ensino usando a gamificação para ajudar seus alunos a entenderem seus erros e acertos de maneira rápida, permitindo-lhes ajustar seu aprendizado de forma mais eficaz.

Para a neurociência, a aprendizagem é resultado do treino, esforço ou estudo. Ao incorporar elementos de gamificação, como recompensas e desafios, a motivação dos alunos para participarem ativamente das atividades de aprendizado pode aumentar, fazendo-os empregar mais esforço para alcançarem os objetivos educacionais.

Por conseguinte, conclui-se que aplicar os conceitos da gamificação baseados na neurociência na sala de aula pode criar um ambiente de aprendizado mais interativo, estimulante e personalizado, possibilitando o aumento do engajamento e do progresso dos alunos.

Analizando as vantagens e desvantagens da gamificação na educação

Como abordado no texto, a gamificação apresenta benefícios para a educação, entretanto também pode causar prejuízos. O estudo realizado por Jack, Alexander e Jones (2024) investigou os efeitos da gamificação no engajamento dos alunos em ambientes de sala de aula invertida. Os resultados indicaram que estratégias de gamificação, quando implementadas de forma eficaz, apresentam um impacto positivo na motivação e no engajamento dos alunos. No entanto, o trabalho também destaca desafios potenciais, como o engajamento superficial e a desmotivação, e sugere direções futuras para pesquisas que abordem esses desafios e explorem mais detalhadamente o potencial da gamificação na promoção do sucesso estudantil.

Visando promover uma melhor compreensão sobre as vantagens e desvantagens do uso da gamificação na educação, foram elaborados o Quadro 3 e o Quadro 4, nos quais são sintetizadas as principais informações.

| Aspectos | Vantagens | Explicação |
|---------------------------------------|---|--|
| Engajamento | Aumento do interesse | Elementos de jogo, como desafios e recompensas, tornam o aprendizado mais dinâmico e motivador. |
| Motivação | Estímulo à participação ativa | A gamificação ativa mecanismos de motivação intrínseca (autonomia, competência e relacionamento) e extrínseca (pontos, recompensas). |
| Aprendizagem ativa | Mais interação e experimentação | Os alunos aprendem fazendo, explorando e resolvendo problemas de maneira prática. |
| Feedback contínuo | Correção imediata e aprendizado acelerado | O feedback instantâneo ajuda os alunos a identificar erros rapidamente e a melhorar seu desempenho. |
| Personalização | Adaptação ao ritmo do aluno | Sistemas gamificados podem oferecer desafios ajustáveis ao nível de habilidade e progresso do estudante. |
| Cooperação e competição | Desenvolvimento de habilidades sociais | Modos colaborativos estimulam o trabalho em equipe, enquanto rankings e desafios podem incentivar a superação. |
| Retenção de conhecimento | Memorização facilitada | O aprendizado gamificado pode melhorar a retenção de conceitos ao associá-los a experiências significativas. |
| Desenvolvimento de habilidades | Estímulo ao pensamento crítico e resolução de problemas | Jogos e desafios incentivam a criatividade e o raciocínio lógico. |

Quadro 3 - Vantagens da gamificação na educação

Fonte: Elaborado pelos autores.

| Aspectos | Desvantagens | Explicação |
|--|--|---|
| Distração | Foco no jogo, não no aprendizado | Alguns alunos podem se concentrar mais nos elementos do jogo (pontos, prêmios) do que no conteúdo. |
| Desigualdade | Nem todos aprendem da mesma forma | Alunos com dificuldades em mecânicas de jogos podem se sentir frustrados ou excluídos. |
| Competição excessiva | Desmotivação para alguns alunos | Caso não seja bem equilibrada, a competição pode gerar estresse e desmotivação em quem não está entre os melhores. |
| Dependência da tecnologia | Dificuldade de acesso para alguns alunos | Muitos sistemas gamificados exigem dispositivos eletrônicos, o que pode gerar barreiras em ambientes com poucos recursos. |
| Complexidade na implementação | Exige planejamento e treinamento | Os professores precisam adaptar conteúdos e aprender a usar as ferramentas corretamente. |
| Superficialidade no aprendizado | Foco em recompensas em vez da reflexão | Caso seja mal estruturada, a gamificação pode incentivar apenas a obtenção de pontos, em vez do aprendizado real. |
| Cansaço e perda de interesse | Pode perder o efeito ao longo do tempo | Caso os desafios não sejam renovados e o sistema se torne repetitivo, os alunos podem perder a motivação. |

Quadro 4 - Desvantagens da gamificação na educação
Fonte: Elaborado pelos autores.

Considerações finais

Neste trabalho, foram estudados conceitos sobre a gamificação e o modo como se relacionam com a educação. Durante os estudos, percebeu-se que a gamificação apresentava características abordadas pelas neurociências, tais como: (i) fornecer estímulos a determinadas funções cognitivas, como a atenção, a percepção e a memória; (ii) utilizar diferentes canais sensoriais, além do verbal, para levar a informação ao cérebro; e (iii) demonstrar a significativa influência das emoções na aprendizagem e na memória, entre outros.

Acredita-se que as contribuições das neurociências para a educação, apresentadas neste texto, possam auxiliar os professores a desenvolverem estratégias que os apoiem no processo de ensino e aprendizagem de seus alunos. Além disso, a aplicação de conceitos da gamificação baseados na neurociência em sala de aula pode criar um ambiente de aprendizado mais interativo, estimulante e personalizado, promovendo o aumento do engajamento e do progresso dos alunos.

Entretanto, é importante observar que a gamificação na educação apresenta vantagens e desvantagens. É preciso encontrar um equilíbrio entre os elementos do design de jogos que se pretende utilizar e os objetivos educacionais propostos para garantir que a gamificação seja eficaz e benéfica para os alunos.

A teoria do fluxo e a teoria da motivação evidenciam a importância da motivação para engajar as pessoas na realização de atividades, bem como o efeito positivo que isso exerce na aprendizagem. Esses fundamentos também reforçam o uso da gamificação com fins educacionais.

A motivação desempenha um fator central no processo de ensino e aprendizagem. É preciso considerar suas diferentes dimensões para promover a motivação

intrínseca, apoiar a autodeterminação e criar ambientes estimulantes. Uma abordagem motivadora ajuda os alunos a se tornarem aprendizes ativos, comprometidos e persistentes, resultando em um aprendizado mais eficaz e duradouro.

Por conseguinte, integrar elementos lúdicos nas atividades de aprendizagem, como jogos, simulações ou atividades práticas, pode tornar o processo mais envolvente e estimulante, diminuir o desinteresse, propiciar sentimentos de realização e satisfação, incentivar a criatividade e o desenvolvimento de soluções inovadoras, influenciando o clima em sala de aula e tornando-a mais inspiradora.

Referências

AMTHOR, F. *Neurociência para Leigos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Alta Books, 2017.

BRUNER, J. S. *O Processo da Educação*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1987.

BUSARELLO, R. I. *Gamification: princípios e estratégias*. São Paulo: Pimenta Cultural, 2016.

CEHELLA, F.; ABBAD, G.; WAGNER, R. Leveraging learning with gamification: An experimental case study with bank managers. *Computers in Human Behavior Reports*, [s. l.], v. 3, 2021.

CHEN, J. Flow in games (and everything else). *Communications of the ACM*, [s. l.], v. 50, n. 4, p. 31-34, 2007.

CHUPIL, P.; SOUZA, K. P. O.; SCHNEIDER, C. *A neuropsicopedagogia e o processo de aprendizagem*. Curitiba: IESDE Brasil, 2018.

COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. *Neurociência e Educação: como o cérebro aprende*. Porto Alegre: Artmed, 2011.

CSIKSZENTMIHALYI, M. *A descoberta do fluxo: a psicologia da vida cotidiana*. São Paulo: Rocco, 1999.

DETERDING, S.; DIXON, E.; KHALED, R.; NACKE, L. From game design elements to gamefulness: Defining “gamification”. In: PROCEEDINGS of the 15th International Academic Mindtrek Conference: Envisioning Future Media Environments. New York, NY, USA: ACM, 2011.

DIANA, J. B. *et al.* Gamification e teoria do flow. In: FADEL, L. M.; ULBRICHT, V. R.; BATISTA, C. R.; VANZIN, T. (orgs.). *Gamificação na educação*. São Paulo: Pimenta Cultural, 2014. p. 38-73.

ERIKSON, E. *Identidade, juventude e crise*. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

FARBIARZ, A. *et al.* O Game Design como metodologia de gamificação na Educação Superior: projeto *Commercium et Cognitionis*. In: PROCEEDINGS of SBGames, [s. l.], 2019.

- FERNANDES, C. W. R.; RIBEIRO, E. L. P. Games, gamificação e o cenário educacional brasileiro. *CIET: EnPED*, São Carlos, 2018.
- FERREIRA, B. I. A. S. *Neurociências & aprendizagem: metacognição, criatividade e competências para compreensão leitora*. São Paulo: Pimenta Cultural, 2019.
- FESTINGER, L. A Theory of Social Comparison Processes. *Human Relations*, [s. l.], v. 7, 117-140, 1954.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GIANNETTO, D.; CHAO, J.; FONTANA, A. Gamification in a social learning environment. *Issues in Informing Science & Information Technology*, Informing Science Institute, [s. l.], v. 10, p. 195-207, 2013.
- HAMARI, J.; SHERNOFF, D. J.; ROWE, E.; COLLIER, B. Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning. *Computers in Human Behavior*, [s. l.], v. 54, p. 170-179, 2016.
- HUIZINGA, J. *Homo Ludens*. 8. ed. São Paulo: Perspectiva, 2014.
- JACK, E.; ALEXANDER, C.; JONES, E. M. Levelling Up Learning: Exploring the Impact of Gamification in Flipped Classrooms. *Information and Inference: A Journal of the IMA*, [s. l.], 2024.
- JODOI, K.; TAKANAKA, N.; UCHIDA, S.; NAKAGAWA, S.; INOUE, N. Developing an active-learning app to improve critical thinking: item selection and gamification effects. *Heliyon*, [s. l.], v. 7, 2021.
- KIM, S.; SONG, K.; LOCKEE, B. *Gamification in Learning and Education: Enjoy Learning Like Gaming*. Cham: Springer International Publishing, 2018.
- LI, W.; GROSSMAN, T.; FITZMAURICE, G. GamiCAD: A gamified tutorial system for first time autocad users. In: *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on user interface software and technology*. Cambridge: ACM, 2012.
- MUNTEAN, C. I. Raising engagement in e-learning through gamification. In: *The 6th International Conference on Virtual Learning ICVL*, [s. l.], p. 323-329, 2011.
- PANTANO, T.; ZORZI, J. L. *Neurociência aplicada à aprendizagem*. São José dos Campos: Pulso Editorial, 2009.
- PIAGET, J. A teoria de Piaget. In: CARMICHEL, L. *Manual de Psicologia da Criança*. São Paulo: EPU, 1975.
- RYAN, R. M.; DECI, E. L. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, [s. l.], v. 55, n. 1, p. 68-78, 2000.



SANTIAGO, P. V.; SOUSA, R. T.; ALVES, F. R. O ensino de funções do 1º grau por meio da gamificação com o Escape Factory. *Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico* (Educitec), Manaus, v. 8, 2022.

SKINNER, B. F. *Sobre o Behaviorismo*. São Paulo: Cultrix, 2011.

SOUZA, C. A.; FREITAS, F. O. Gamificação como ferramenta para o processo de ensino e aprendizagem: uma revisão integrativa. *Perspectivas em Diálogo*, Naviraí, v. 10, n. 20, p. 46-59, 2023.

SOUZA, F. M. G.; PAULO, J. R. Gamificação na educação: aproximações, estratégias e potencialidades. *Revista ESPACIOS*, Caracas, Venezuela, v. 39, n. 40. 2018.

TAROUCO, L.; ROLAND, L. C.; FABRE, M. C. J. M.; KONRATH, M. L. P. Jogos Educacionais. *Renote - Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v. 2, n. 1, 2004.

VALENTE, J. A. A Comunicação e a Educação baseada no uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação. *Revista UNIFESO – Humanas e Sociais*, Teresópolis, v. 1, n. 1, p. 161-166, 2014.

VIANNA, Y.; VIANNA, Y.; MEDINA, B.; TANAKA, S.; KRUG, M. *Gamification, Inc.: como reinventar empresas a partir de jogos*. Rio de Janeiro: MJV Press, 2013.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

ZICHERMANN, G.; CUNNINGHAM, C. *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2011.

Submetido 20/08/2024. Aprovado 31/10/2024
Avaliação: revisão duplo-anônimo

Os avanços e os desafios da educação escolar indígena no Brasil

THE ADVANCES AND CHALLENGES OF INDIGENOUS SCHOOL EDUCATION IN BRAZIL

LOS AVANCES Y DESAFÍOS DE LA EDUCACIÓN ESCOLAR INDÍGENA EN BRASIL

Fidelina Maria Candido Pinto

Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM)

fidelina@iftm.edu.br

Giovana Caroline Pinto

Universidade de Uberaba (Uniube)

giovanacaroline90@gmail.com

Resumo

A educação escolar indígena, além de um direito, é um instrumento de luta e resistência das causas indígenas, que se fortalece por meio das discussões e visibilidade dada ao assunto. Este artigo tem por objetivo relatar os avanços e as lutas enfrentadas pelos estudantes indígenas em busca do direito a uma educação que seja condizente com suas realidades. Nele, são tratados temas referentes à educação básica e à educação superior, com ênfase nas licenciaturas. Conforme a Constituição Federal de 1988, em seu artigo 210, é direito assegurado aos povos indígenas uma educação intercultural e bi/multilíngue, bem como uma escolarização diferenciada, de acordo com a realidade de cada aldeia. A atual Base Nacional Comum Curricular (BNCC) aborda o tema da educação escolar indígena de forma genérica, e isso dificulta que as adaptações necessárias sejam realizadas. A pesquisa contou com abordagem qualitativa, utilizamos de fontes bibliográfica e documental, nas quais foram elencados os tópicos mais importantes discutidos sobre a qualidade da educação escolar indígena brasileira. Por fim, mostramos o que os pesquisadores discutem sobre a educação intercultural. Ao longo desta pesquisa, ficou explícito que ainda faltam muitas melhorias para a educação indígena, e que foram poucas as conquistas.

Palavras-chave: educação indígena; lutas; multiculturalismo; resistência.

Abstract

Indigenous School Education is not only a right, but also an instrument of struggle and resistance for indigenous causes, and it is strengthened through the discussions and visibility given to the subject. This article aims to report on the advances and struggles faced by indigenous students in search of the right an education that is consistent with their reality. It deals with topics related to basic education and higher education, with an emphasis on teaching degrees. According to the Federal Constitution of 1988, in its article 210, indigenous peoples are guaranteed a right to an intercultural and bi/multilingual education, a differentiated schooling that goes according to the reality of each village. The current National Common Curriculum Base (BNCC) addresses the theme of Indigenous School Education in a generic way, and this makes it difficult for the necessary adaptations to be made. The research had a qualitative approach, using bibliographic and documentary sources, where the most important topics discussed about the quality of Brazilian Indigenous School Education were listed. Finally, we show what researchers discuss

about intercultural education. Throughout this research, it was explicit that there are still many improvements to be made in indigenous education, and that there have been few achievements.

Keywords: indigenous education; fights; multiculturalism; resistance.

Resumen

La educación escolar indígena no solo es un derecho, sino también un instrumento de lucha y resistencia por las causas indígenas, y se fortalece a través de las discusiones y visibilizaciones que se le dan al tema. Este artículo tiene como objetivo dar cuenta de los avances y luchas que enfrentan los estudiantes indígenas en la búsqueda del derecho a la educación que sea coherente con sus realidades. Aborda temas relacionados a la educación básica y a la educación superior, con énfasis en las carreras docentes. De acuerdo con la Constitución Federal de 1988, en su artículo 210, se garantiza a los pueblos indígenas el derecho a una educación intercultural y bilingüe/plurilingüe, una escolarización diferenciada de acuerdo con la realidad de cada aldea. La actual Base Curricular Nacional Común (BNCC) aborda el tema de la educación escolar indígena de manera genérica, lo que dificulta la realización de las adaptaciones necesarias. La investigación tuvo un enfoque cualitativo, utilizando fuentes bibliográficas y documentales, donde se enumeraron los temas más importantes discutidos sobre la calidad de la educación escolar indígena brasileña. Finalmente, mostramos lo que los investigadores discuten sobre la educación intercultural. A lo largo de esta investigación, se hizo explícito que aún quedan muchas mejoras por hacer en la educación indígena y que ha habido pocos logros.

Palabras clave: educación indígena; peleas; multiculturalismo; resistencia.

Introdução

Sabe-se que a educação brasileira se encontra petrificada em uma estrutura utilizada desde o século XIX, e quando se trata da educação escolar indígena, percebemos que os progressos foram bem menores. A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 210, reconheceu o direito indígena à educação intercultural e bi/multilíngue. No entanto, na década de 1990, estudos apontaram que, na educação indígena, ainda prevalecia o sistema formal, institucionalizado na e pela sociedade não indígena, baseada no letramento e na escola (Kahn; Franchetto, 1994). Além disso, também se observou que, em muitos dos seus aspectos, a educação indígena era formulada e implementada a partir de parcerias formais estabelecidas entre os setores governamentais, organizações indígenas, organizações não-governamentais e missões religiosas.

Nesse contexto, este artigo foi escrito com o objetivo de mostrar a realidade dos povos indígenas em torno do debate educacional para a preservação da cultura e da língua, bem como algumas das lutas que já foram e ainda serão concretizadas, para que se estabeleça uma educação escolar condizente com suas realidades, em cumprimento à legislação vigente.

Criada por meio da Lei n. 5.371, de 5 de dezembro de 1967, a Fundação Nacional do Índio (Funai), órgão federal articulador das políticas indigenistas, tem como missão promover e proteger os direitos dos povos indígenas no Brasil, garantindo os direitos sociais e de cidadania, contribuindo com a qualificação das políticas públicas, monitorando seu funcionamento e eventuais impactos, e ocupando espaços de controle social tanto em âmbito nacional quanto local (Brasil, 1967). Posteriormente, com a publicação do Decreto n. 26, de 4 de fevereiro de 1991, a responsabilidade pelas ações educativas foi transferida da Funai para o Ministério da Educação (MEC). Essa descentralização das

políticas indigenistas, agora setorizadas em ministérios específicos, resultou no enfraquecimento do poder tutelar da Funai em relação aos povos indígenas.

Conforme define a legislação nacional que fundamenta a educação escolar indígena, os povos indígenas têm direito a uma educação escolar específica, diferenciada, intercultural, bilíngue/multilíngue e comunitária. Esse direito está assegurado tanto na Constituição Federal quanto na Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996, (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional),¹ no Referencial Curricular Nacional para as Escolas Indígenas² e na Resolução CBE n. 3, de 10 de novembro de 1999³ (Brasil, 1999). Além disso, a educação indígena também está contemplada no Plano Nacional de Educação⁴ (PNE), que foi aprovado pela Lei n. 10.172, de 9 de janeiro de 2001, e a Lei n 13.005, de 25 de junho de 2014, dentre outras legislações.

Nos anos 2000, de acordo com Grupioni (2020), a educação escolar indígena tornou-se uma pauta política relevante para os indígenas, o movimento indígena e os apoiadores das causas indígenas. Deixou de ser uma temática secundária, ganhando importância à medida que mobilizou diferentes atores, instituições e recursos. De forma lenta, porém gradativa, foi possível observar alguns avanços nas últimas décadas.

Por se tratar de questões de políticas públicas, entendemos que é preciso um governo que tenha um olhar voltado para os povos nativos, pois são muitos os desafios a serem superados para que a educação escolar indígena seja de qualidade. Há uma extensa lista de pontos a serem abordados, como superar as desigualdades históricas; promover o estabelecimento de uma educação mais justa; considerando as estruturas curriculares, os materiais didáticos e as particularidades culturais dos estudantes. É importante destacar que muitas das questões apresentadas neste estudo dependem de um cenário político favorável a essas lutas. Atualmente, percebemos que o modelo de escola ainda utilizado em várias aldeias não valoriza as vivências desses povos e de seus ancestrais, e muitos nativos lutam para que as escolas indígenas estejam em consonância com suas culturas.

Material e métodos

Para a realização deste estudo, a coleta de dados foi feita por meio de pesquisa bibliográfica e documental, com a finalidade de garantir o embasamento teórico necessário à pesquisa. Nesse sentido, Gil define a pesquisa como o

procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa desenvolve-se por um processo construído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados (Gil, 2007, p.17).

1 Citou pela primeira vez, no âmbito do Ministério da Educação, o estabelecimento de uma “educação escolar bilíngue e intercultural aos povos indígenas”, com currículo, projeto pedagógico, material didático e formação de professores específica (Brasil, 1996).

2 Documento elaborado por especialistas da educação, antropólogos e professores indígenas de diversas etnias para auxiliar na implementação do projeto pedagógico e do currículo nas escolas indígenas (Brasil, 1998).

3 Instrumentos que instituíram as diretrizes curriculares nacionais para a educação escolar indígena (Brasil, 1999).

4 Esse plano dedicou um capítulo específico à educação escolar indígena, prevendo a criação da categoria oficial de “escola indígena” e fixando determinadas ações (Brasil, 2001).

A abordagem foi qualitativa, que, segundo Godoy (1995, p. 58), consiste na “obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, para compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos”.

Como fontes de consulta, utilizou-se a Constituição Federal de 1988, legislações pertinentes e resoluções do MEC. Também foram consultadas as publicações dos seguintes autores: Abreu (2020), Almeida (2018), Nazareno e Araújo (2018), Bergamaschi e Medeiros (2010), Kahan e Franchetto (1994), Grupioni (2020), Paim e Pereira (2019) e Silva (2016). Em seguida, realizou-se a análise documental da revista *CartaCapital*, publicada em outubro de 2018, eleita como referência em virtude das entrevistas de diversos antropólogos, e também documentos da Funai que tratam da Política Indigenista (Brasil, 2007). Ao final, houve a confrontação dos dados obtidos na legislação com os dados observados nos documentos analisados neste estudo.

Fundamentação teórica

A educação escolar indígena teve início nos primórdios da colonização do Brasil, com a chegada dos missionários jesuítas para catequizar os nativos (Bergamaschi; Medeiros, 2010), e, assim, obter fiéis para a igreja católica. Esses primeiros contatos entre jesuítas e indígenas ocorreram ora em clima de grande hostilidade, ora de forma muito amistosa. Posteriormente, outras ordens religiosas vieram de forma assistencialista, com a expectativa de civilizar os indígenas tendo como princípio norteador a imposição da língua portuguesa, bem como preparar mão de obra para o trabalho.

Cenário da educação escolar indígena no Brasil

O modelo de escola daquela época era eurocêntrico e ignorava completamente a cultura dos indígenas, inclusive pelo fato de que a intenção dos colonizadores era fazer com que eles se esquecessem de suas raízes e se tornassem submissos.

Segundo o *Caderno da Secretária de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade* (Secad), publicado pelo MEC no ano de 2007, os indígenas que apresentavam resistência eram vistos como selvagens e embrutecidos, precisando ser pacificados. A resistência à escravização levou a batalhas sangrentas com os colonizadores ao longo de todo processo de ocupação do território brasileiro.⁵ No decorrer dos últimos 500 anos, os povos indígenas sobreviveram a muitas tentativas de extermínio, porém seguem vivos e lutando por seus direitos.

Uma questão que interfere na invisibilidade das demandas educacionais indígenas é a falta de conhecimento popular sobre o assunto. Ainda existe no Brasil a ideia generalizada e errônea de que os povos indígenas não têm nenhum tipo de educação. Ao contrário do que muitos pensam, os povos indígenas do Brasil continuam mantendo sua distinção no modo de ser graças a estratégias próprias de vivência sociocultural, sendo a prática pedagógica uma delas. As formas de educação que desenvolvem lhes permitem continuar a ser eles mesmos e a transmitir suas culturas por meio das gerações (Brasil, 2006).

⁵ Por exemplo: Confederação dos Tamoios (1555-1667), a Guerra dos Aimoré (1555-1673), a Guerra dos Potiguara (1586-1599), o Levante Tupinambá (1617-1621), a Confederação Cariri (1686-1692), a Guerra dos Manaus (1723-1744) e a Guerra Guaranítica (1753-1756) (Brasil, 2007, p. 10).

Sabendo da pluralidade cultural brasileira, observamos que é preciso haver atenção do governo federal para que as políticas públicas não choquem com as especificidades locais. Para a antropóloga Tatiane Klein,

o que acaba acontecendo é que essa educação escolar indígena é invisível. Que dirá a especificidade dela. Então ela é sempre escamoteada. As ações, quando chegam, são as ações padrão. A gente precisa amadurecer primeiro, povo a povo, comunidade a comunidade, o que são essas expectativas desses professores. Quais são as formas de organização social, quais são as festas, momentos do ano que seriam interessantes que a escola funcionasse ou não funcionasse. Como a escola pode ser mais centralizada ou menos descentralizada no território. Todas são questões que concernem a uma reflexão sobre o currículo e o funcionamento efetivo da escola e que não tem espaço para isso, porque ela [a escola] vem pronta (Os desafios [...], 2018).

Percebe-se que, na maioria dos casos, a escola continua ignorando e sufocando as pedagogias indígenas e, quando isso acontece, contribui para o enfraquecimento ou o desaparecimento das culturas e dos próprios povos indígenas. Nesse contexto, como política pública, a Lei n. 6.001, de 19 de dezembro de 1973, que dispõe sobre o Estatuto do Índio, determina em seu art. 48 que: “Estende-se à população indígena, com as necessárias adaptações, o sistema de ensino em vigor no País” (Brasil, 1973). Já os artigos 49 e 50 da referida lei preconizam a orientação da educação dos indígenas para a integração na comunhão nacional, com a alfabetização feita na língua materna e em português (Brasil, 1973).

Para Almeida (2018), a fase dos anos de 1980 foi de grande importância para a afirmação da causa indígena, suscitando debates e o reconhecimento de sua cultura, de seus direitos constitucionais, pois as mobilizações étnicas possibilitaram que as próprias lideranças se fizessem representar por si próprias em questões políticas e jurídicas perante o Estado e a sociedade brasileira.

Segundo a Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade do Ministério da Educação (Secad/MEC), a educação indígena refere-se aos processos próprios de transmissão e produção dos conhecimentos dos povos indígenas, enquanto a educação escolar indígena diz respeito aos processos de transmissão e produção dos conhecimentos não-indígenas e indígenas por meio da escola, que é uma instituição própria dos povos colonizadores (Brasil, 2006, p. 129).

A partir da década de 1990, a educação indígena começou a se desenvolver, principalmente porque os indígenas passaram a reivindicar seus direitos perante o governo federal por meio de encontros de lideranças de professores indígenas. Segundo Abreu (2020, p. 8), “somente em 1999 o termo ‘Educação Escolar Indígena’ foi oficializado a partir das Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Escolar Indígena e da criação da ‘Escola Diferenciada Indígena’”.

A educação diferenciada é uma educação que leve em conta tudo o que devemos ter de bom e de qualidade em uma educação para formação de uma pessoa, mas que leve em consideração, principalmente, a cultura desse sujeito, a cultura dos povos indígenas, e cada um conforme as suas especificidades, que essa é, também, uma grande discussão: que considere a língua, a cultura, a tradição desses povos; que considere um calendário diferenciado – porque as nossas tradições são distintas das tradições do não indígena (Paim; Pereira, 2019, p. 3).

Diante do exposto, entendemos que a BNCC, como instrumento de gestão pedagógica, tem como propósito a orientação e a elaboração do currículo nas escolas brasileiras de nível básico, cujos currículos escolares se adequem às diferentes modalidades de ensino. No caso da educação indígena, isso significa garantir que as competências específicas sejam desenvolvidas a partir de suas culturas tradicionais, evidenciando a perspectiva indígena da sua própria história.

No entanto, as pesquisas de Nazareno e Araújo (2018) identificaram que a BNCC apresenta um padrão nacional que ainda não acolhe as escolas indígenas, pois foi criada sem a participação de comunidades indígenas e não representa essas escolas em nenhuma das propostas curriculares. Contudo, se há uma intencionalidade de adequar as escolas indígenas em alguma política pública diferenciada, isso ainda vem sendo discutido.

Grupioni (2020), observa que há avanços em direção a algumas conquistas, como o reconhecimento da importância da formação de professores indígenas e o apoio à publicação de materiais didático-pedagógicos elaborados pelos próprios professores indígenas durante o processo de formação dos demais professores. No entanto, inúmeros obstáculos se apresentam a cada momento, sobretudo no que se refere à construção de práticas pedagógicas e curriculares para os estudantes indígenas.

Assim sendo, os desafios atuais da educação indígena no Brasil giram em torno de duas grandes questões: a implementação de programas adequados, baseados em metodologias específicas de aprendizagem, por meio de pesquisas e de acordo com os interesses e as demandas das comunidades indígenas e dos alunos – o que necessariamente inclui a capacitação dos professores – e a garantia de autonomia dos projetos educacionais, escolares ou não, considerando as características e as necessidades definidas pelos povos indígenas (Brasil, 2006).

É importante salientar que, embora seja recente a inclusão das escolas indígenas nos sistemas oficiais de ensino em todo o país, a legislação que trata da educação escolar indígena tem apresentado formulações que dão abertura para a construção de uma escola indígena que busque resguardar os costumes e as tradições indígenas, bem como as condições peculiares, ou seja, mantendo os atributos particulares como o uso da língua materna nas aulas, o ensino dos saberes tradicionais, currículos adaptados, formação de professores de dentro das próprias aldeias, material pedagógico adaptado e o calendário escolar respeitando suas realidades.

Pela interpretação da LDB de 1996, o reconhecimento da diversidade cultural é um dos princípios norteadores do ensino nacional, o pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas garante às escolas indígenas um processo educativo diferenciado e respeitoso de sua identidade cultural e bilíngue. Nesse sentido, o Caderno Secad de 2007 comenta os artigos 78 e 79 da LDB:

A educação escolar para os povos indígenas deve ser intercultural e bilíngue para a reafirmação de suas identidades étnicas, recuperação de suas memórias históricas, valorização de suas línguas e ciências, além de possibilitar o acesso às informações e aos conhecimentos valorizados pela sociedade nacional. Prevê que a União apoiará técnica e financeiramente os sistemas de ensino estaduais e municipais no provimento da educação intercultural às sociedades indígenas, desenvolvendo programas integrados de Educação Escolar Indígena, ensino e pesquisa [...] planejados com audiência das comunidades indígenas [...], com os objetivos de fortalecer as práticas socioculturais e a língua materna [...] desenvolver currículos e programas específicos, neles incluindo conteúdos culturais correspondentes às respectivas comunidades [...], elaborar e publicar sistematicamente material didático específico e diferenciado (Brasil, 2007, p. 100).

Evidentemente, não bastam instrumentos jurídicos e administrativos adequados se não forem garantidas as condições mínimas de realização para a efetivação das conquistas. À vista disso, podemos observar alguns avanços no campo da educação indígena, citando como exemplo a Resolução n. 5, de 22 de junho de 2012 (Brasil, 2012), que define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Escolar Indígena na Educação Básica, oferecidas em instituições próprias, e também o *Manual de Jurisprudência dos Direitos Indígenas*, criado pela Câmara de Populações Indígenas e Comunidades Tradicionais do Ministério Público Federal (Brasil, 2019). Essa obra busca subsidiar os membros no Ministério Público Federal na defesa dos povos indígenas, apresentando casos concretos sobre as decisões nacionais e internacionais sobre cada um dos temas analisados.

O referido manual, no capítulo que aborda o direito à educação, apresenta o caso em que o Ministério Público Federal solicitou a transformação de uma escola regular, que atende majoritariamente alunos nativos, em uma escola indígena (Brasil, 2019, p. 489). Embora o texto explique todos os passos do processo que garantiu que a escola indígena tivesse os direitos contemplados pela LDB de 1996, esse foi apenas um caso que está servindo para guiar outros. Nesse sentido, podemos compreender que essa não é unicamente uma vitória, e sim várias.

Segundo as pesquisas de Abreu (2020), em um intervalo de dez anos, houve quatro grandes avanços das políticas públicas que marcaram a educação escolar indígena, sendo eles:

2003: Criação do Programa Nacional de Alimentação Escolar Indígena; 2005: Criação do Projeto Inovador de Fortalecimento de Escolas de Ensino Médio Indígena; 2009: Criação dos Territórios Etnoeducacionais – gestão compartilhada para o desenvolvimento da educação intercultural indígena; 2013: Programa Bolsa Permanência MEC – Instituído a partir da articulação entre a Funai e o MEC como forma de suceder e qualificar o benefício de apoio financeiro custeado até então exclusivamente pela Fundação a estudantes universitários indígenas (Abreu, 2020, p. 6).

O Censo Demográfico do IBGE, realizado em 2010, identificou que no Brasil existem cerca de 817.936 habitantes, o que correspondia a 0,47% da população brasileira (IBGE, 2010). Com a atualização do perfil demográfico dessa população pelo Censo do IBGE em 2022, esse número se ampliou para 1.693.535 pessoas, o que representa 0,83% da população do país, sendo que metade desta população tem menos de 25 anos de idade. Os resultados do Censo Demográfico 2022 mostram que a população mais jovem tem um peso mais elevado entre os indígenas em comparação à população residente no Brasil (IBGE, 2022). Esse aumento expressivo pode ser explicado também por mudanças metodológicas.

Segundo a matéria publicada na revista *CartaCapital*, o Censo Escolar do Inep, realizado em 2017, identificou que 30,93% das escolas indígenas não têm um espaço físico construído unicamente para elas, as aulas são ministradas em lugares comunitários emprestados pelos próprios professores ou por algum morador (Os desafios [...], 2018). A precariedade da infraestrutura das escolas dentro das aldeias é outro ponto sério e que precisa urgentemente de investimentos.

Entretanto, na história das políticas educativas voltadas para os povos indígenas, percebem-se esforços do governo federal para que o número de escolas aumente. Contudo, as empresas da construção civil não demonstram interesse nessas obras, pelo fato de serem em lugares muito afastados e por conta dos custos e riscos

apresentados. Em entrevista à revista *CartaCapital*, o antropólogo Baniwa Gersem José dos Santos esclareceu que também é preciso um aumento do financiamento para a área.

Não basta apenas atender a população com os fundos existentes, eles são insuficientes, porque são áreas muito caras. Áreas de fronteira, cabeceira de rio, distantes das sedes dos municípios. Nesses lugares, bens e serviços custam pelo menos quatro vezes mais. Haveria a necessidade de pensar uma linha de financiamento, talvez um fundo constitucional específico (Os desafios [...], 2018).

Outro aspecto que continua sendo um empecilho para a educação escolar indígena refere-se à produção e ao uso de materiais pedagógicos bilíngues específicos para os nativos. Apesar de existirem ações nesse sentido, são pouquíssimas as escolas que trabalham o ensino bilíngue em todo o ensino fundamental.

O mesmo acontece com materiais didáticos próprios que tratam de conhecimentos específicos, como as mitologias, as etnomatemáticas, as etnociências, as etno-geografias, as etnohistórias e outras especialidades que deveriam ser trabalhadas de forma articulada durante todo o ciclo da educação básica (Brasil, 2006).

Tanto o Plano de Ações Articuladas do MEC criado em 2007, quanto a Ação Saberes Indígenas nas Escolas objetivam avanços nesses quesitos, como o que foi identificado pelo Censo Escolar de 2017, constatando que 33% das escolas indígenas ainda não possuíam material didático específico para a diversidade sociocultural, e que esse problema não se encontra apenas no déficit de produção desses materiais, mas também a resistência e desinteresse por parte de algumas escolas em utilizá-los (Os desafios [...], 2018).

Ressaltamos que para haver dentro das aldeias um ensino condizente com suas culturas é necessário material didático e projeto pedagógico específicos, além de todo projeto de infraestrutura. Outra dificuldade encontrada são os sistemas de avaliações do ensino. Como as avaliações nacionais têm um modelo único, isso gera uma nota muito baixa para os alunos das escolas indígenas. Nesse contexto, se há uma educação diferenciada, deve existir também um método de avaliação diferenciado para verificar adequadamente a qualidade do ensino ofertado.

Para Braga (2021), a educação diferenciada para os povos indígenas é um instrumento de resistência e luta. Para torná-la efetiva é preciso rever as práticas pedagógicas, o calendário diferenciado conforme sua cultura e suas tradições, o currículo diferenciado, bem como as posturas etnocêntricas e, portanto, autoritárias, nas quais se baseiam. Essa educação deve ser praticada no interesse de cada etnia indígena, valorizando seus conhecimentos étnicos.

Nesse contexto, embora saibamos que nada disso vale se os professores que atuam nessas escolas desconhecem as línguas faladas, os costumes e as tradições, é de suma importância que os professores que trabalham nas comunidades indígenas tenham uma visão aberta para as culturas locais, levando em consideração os conhecimentos trazidos de dentro das aldeias, colaborando para que esses povos construam seus próprios modelos de ensino a partir das suas vivências.

A antropóloga e indígena Kaingang Joziléia Jagso, em entrevista concedida à revista *CartaCapital* de 2018 esclarece que

as escolas que ainda tem dentro delas muitos professores não indígenas, ou a direção escolar e coordenação pedagógica não indígena, na maioria das vezes pecam não usando os materiais da educação indígena. Elas preferem outros materiais ou trazer muitos elementos externos e desconsiderar os materiais produzidos para as escolas indígenas (Os desafios [...], 2018).

Segundo dados da Funai, está aumentando o número de estabelecimentos que oferecem cursos específicos para a formação de professores indígenas em nível superior. Em 2010, foram constatados mais de 5 mil professores indígenas habilitados (Brasil, 2018). Apesar de ainda ser um número pequeno, podemos considerar como um avanço, pois há uma alta se comparada aos anos anteriores.

Em decorrência dessa demanda, o MEC incentivou a formação bilíngue de professores indígenas para a educação escolar indígena por meio do Programa de Apoio à Formação Superior e Licenciaturas Interculturais Indígenas (Prolind), de 2004, sendo esse o primeiro programa do governo federal. Só em 2017 foram mais de 2,7 mil educadores atendidos pelo programa em 16 instituições de 14 estados brasileiros.

Por outro lado, segundo o antropólogo Baniwa Gersem José dos Santos, apesar de novas, essas licenciaturas correm o risco de serem encerradas por conta da falta de recursos. Na Universidade Federal do Amazonas (Ufam) existem 14 turmas, cada uma com 60 estudantes e, de 2017 para 2018, 50% dos recursos foram cortados, gerando uma descontinuidade do ensino (Os desafios [...], 2018).

No que se refere ao trabalho dos professores, outro tópico a ser melhorado é a questão das contratações. Segundo a meta 18 do Plano Nacional de Educação, também conhecida como a Lei n. 13.005/2014, consta que 90% dos profissionais de magistério deveriam ser efetivados até o ano de 2017, mas a realidade que se apresenta é outra. A antropóloga Joziléia explica que, no estado de Santa Catarina, o primeiro concurso existente para professores indígenas ocorreu em outubro de 2017 (Os desafios [...], 2018). Além disso, em todo o território brasileiro, é comum que haja contratações temporárias com processos de seleção anuais, por meio das quais os professores iniciam as atividades docentes no mês de abril e encerram o contrato no mês de dezembro do ano corrente.

Quanto ao ensino intercultural dentro dessas escolas, o ensino fundamental foi o que mais avançou nos últimos dez anos, segundo dados do MEC. O crescimento da oferta, em grande parte, está ligado à pressão permanente e crescente dos povos indígenas, cada vez mais organizados e articulados, e pela obrigatoriedade imposta pelas leis instituídas nos últimos anos para todo o país, como é o caso da universalização da educação básica (Brasil, 2006). Em geral, as escolas de educação básica presentes nas comunidades indígenas enfrentam hoje profundas contradições e ambiguidades, em parte por causa do modelo educacional seriado vigente no país.

Contudo, o grande desafio ainda é o ensino médio, considerando que o número de estudantes é reduzido, visto que, de cada cinco estudantes indígenas que chegam a concluir o ensino fundamental, apenas um tem a possibilidade de cursar o ensino médio.

No atual sistema educacional brasileiro, o Ensino Médio é o início do processo seletivo excludente para qualquer cidadão brasileiro, índio e não-índio. Embora seja necessário reconhecer o esforço do governo em ampliar a oferta no Ensino Médio, os números ainda continuam irrisórios diante das demandas indígenas (Brasil, 2006, p. 161).

O ensino médio é a porta de entrada para o ensino superior, logo, enquanto existirem deficiências nesse ciclo, menos indígenas ingressarão no ensino superior e menos professores nativos serão formados. Sabe-se que grande parte dos indígenas que ingressam em instituições de ensino superior, por serem egressos de comunidades indígenas nada ou pouco monetarizadas, teriam chances remotas de permanecer nas cidades que sediam as instituições sem o apoio do Estado e com seus próprios recursos.

Outro desafio são os materiais didáticos, uma vez que grande parte são criados para o uso da educação básica, e não mais importante que os já citados, a falta de professores especializados em educação indígena para atender a essas séries continua sendo um desafio também para o MEC.

Além disso, segundo a secretária de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão, Ivana de Siqueira, ainda existem outras dificuldades, pois eles têm muitas especificidades culturais e linguísticas, e nem toda instituição está preparada para lidar com isso (Brasil, 2016).

Na pesquisa realizada na Universidade Federal do Paraná (UFPR), Silva (2016) buscou entender os desafios do acesso e da permanência nas universidades pelos povos indígenas. Na ocasião, foi feita uma entrevista com quatro nativos de diferentes terras indígenas que na época estudavam em cursos da área da saúde. O maior desafio relatado por todos eles foi a chegada na Universidade. Segundo os estudantes, o MEC demorou cerca de um mês para liberar a verba necessária para que eles iniciassem seus estudos, fazendo com que utilizassem recursos próprios no começo dessa trajetória. Ficar longe da terra indígena, da sua família e de seus costumes também foram mencionados na entrevista, além das dificuldades para se adaptarem ao modelo de ensino da Universidade.

Como sugestão para a melhoria no atendimento das universidades aos povos nativos, a pesquisadora Silva aponta que:

para caminharmos para um avanço da política, nos quais as universidades deveriam de-
ter-se, entre outras coisas: as consequências do atraso das bolsas na chegada, o acolhi-
mento dos novos indígenas na chegada na cidade, a garantia do retorno periódico à terra
indígena ou para casa sendo em outra cidade, o ensino sobre os Povos Indígenas nos
currículos de todos os cursos da universidade, o diálogo sobre metodologia de ensino, a
capacitação dos professores sobre a realidade dos indígenas no Brasil, aulas extra sala de
disciplinas do ensino básico para reforço (Silva, 2016, p. 108).

Acredita-se que é possível construir de fato uma política séria para a educação escolar indígena, apostando na efetividade do processo de acesso e permanência dos indígenas nas universidades.

De acordo com matéria publicada no site do Ministério da Justiça e Segurança Pública em 2018, sobre o censo da educação superior divulgado pelo Ministério da Educação em 2017, o número de indígenas matriculados em universidades aumentou 52,5% de 2015 para 2016. Em sete anos, os dados mostram que o número de nativos nas faculdades aumentou mais de cinco vezes. Um exemplo é o do indígena Awámirm Tupinambá, que ingressou na Universidade de Brasília (UnB) em 1997, em uma época na qual era muito difícil encontrar outro indígena dentro da Universidade, e hoje percebe-se que essa realidade mudou (Brasil, 2018).

Entretanto, mesmo com todos esses avanços significativos no campo educacional, como projetos e programas, eles não foram “dados” a esses povos, mas sim conquistados após anos de lutas.

Para Braga (2021), a escola indígena deve ser caracterizada por ser comunitária, articulando os anseios da comunidade indígena na qual está inserida aos projetos de sustentabilidade territorial, cultural e diferenciada em relação a escolas não indígenas. Nesse contexto, podemos observar que há ainda um longo caminho a ser percorrido e muitos direitos a serem conquistados, direitos esses merecidos por todos os povos nativos brasileiros.

Considerações finais

Concluimos que a linguagem simples e objetiva com que foram apresentados os dados e os relatos nesta pesquisa proporciona um melhor entendimento ao leitor leigo sobre esse assunto. A educação para os povos nativos indígenas é sinônimo de luta e resistência pelo respeito e pela valorização de suas culturas diante dos preconceitos, do desprezo que sofrem e também das negligências do poder público.

No decorrer desta pesquisa, evidenciou-se o descaso com a educação escolar indígena brasileira não só por parte do governo federal, com a falta de implementação de políticas públicas, mas também da sociedade em geral. Os dados analisados neste estudo mostram a escassez de recursos pedagógicos nas escolas dentro das aldeias, bem como a falta de infraestrutura, de materiais didáticos e professores qualificados para atuar no contexto da escolarização indígena. Por outro lado, embora se tenha buscado implementar a produção de materiais bilíngues e a construção de escolas em aldeias, é perceptível que há mais desafios do que avanços no campo educacional indígena; entretanto esses avanços ainda são recentes.

O presente artigo apresentou algumas considerações acerca dos avanços nas políticas educacionais, a fim de compará-los com as dificuldades e os desafios a serem suprimidos para que a educação escolar indígena seja implementada com qualidade. Apesar desses empecilhos, a batalha em prol da causa indígena se torna mais forte cada vez mais, principalmente quando ganha maior visibilidade quanto à necessidade e importância da escolarização dos povos indígenas.

Apesar de todas as contradições, as reflexões e os diálogos produtivos a respeito do processo histórico de escolarização dos povos indígenas tornaram-se uma das condições e causas da formação da consciência de cidadania. Ao trazermos essa realidade para mais perto de nós, desconstruímos muitos dos preconceitos enraizados na nossa sociedade sobre aquilo que parece ser algo distante. Com efeito, entendemos a luta do outro e nosso papel diante disso não como protagonistas, mas como simpatizantes da causa. As histórias e as culturas dos povos nativos também pertencem a todos os brasileiros e, dessa maneira, devem ser preservadas por todos.

Referências

- ABREU, Silvana. Território Etnoeducacional Cone Sul e Educação Diferenciada Indígena: Interculturalidade e Resistência. *Geo UERJ*, Rio de Janeiro, n. 37, e43518, 2020. DOI: 10.12957/geouerj.2020.43518. Acesso em: 11 jun. 2020.
- ALMEIDA, Antonio Cavalcante. Aspectos das políticas indigenistas no Brasil. *Interações*, Campo Grande, v. 19, n. 3, 2018. DOI: doi.org/10.20435/inter.v19i3.1721. Acesso em: 6 maio 2020.
- BERGAMASCHI, Maria Aparecida; MEDEIROS, Juliana Schneider. *História, memória e tradição na educação escolar indígena: o caso de uma escola Kaingang*. Revista Brasileira de História, São Paulo, v. 30, n. 60, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-01882010000200004. Acesso em: 6 maio 2020.
- BRAGA, Lisbela Lessa Cohen. A educação escolar indígena diferenciada. In: COLOQUIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE, v. 16, n. 1, 2021, Sergipe. *Anais [...]*. Sergipe: UFS, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.29380/2021.15.01.26>. Acesso em: 6 maio 2023.
- BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 28 fev. 2025.
- BRASIL. *Lei n. 6.001 de 19 de dezembro de 1973*. Dispõe sobre o Estatuto do Índio. Brasília, DF: Presidência da República, 1973. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6001.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%206.001%2C%20DE%2019,sobre%20o%20Estatuto%20do%20%C3%8Dndio. Acesso em: 19 maio 2020.
- BRASIL. *Lei n.5.371, de 5 de dezembro de 1967*. Autoriza a instituição da “Fundação Nacional do Índio” e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1967. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l5371.htm. Acesso em: 28 fev. 2025.
- BRASIL. *Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 6 maio 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. *Resolução CEB n. 3 de 10 de novembro de 1999*. Fixa Diretrizes Nacionais para o funcionamento das escolas indígenas e dá outras providências. Brasília, DF: MEC, 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CEB0399.pdf>. Acesso em: 18 maio 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Educação indígena ainda tem vários desafios, diz secretária*. Brasília, DF: MEC, 2016. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/206-1084311476/38351-educacao-indigena-ainda-tem-varios-desafios-diz-secretaria>. Acesso em: 18 maio 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Lei n. 10.172, de 9 de janeiro de 2001. Estabelece o Plano Nacional de Educação. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 10 jan. 2001. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/L10172.pdf>. Acesso em: 18 maio 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. *O Índio Brasileiro: o que você precisa saber sobre os povos indígenas no Brasil de hoje*/Gersem dos Santos Luciano. Brasília, DF: Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade; LACED/Museu Nacional, 2006. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000154565>. Acesso em: 18 maio 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. *Resolução n. 5, de 22 de junho de 2012*. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Escolar Indígena na Educação Básica. Brasília, DF: MEC, 2012. Disponível em: [Resolução CNE/CEB n° 5, de 22 de junho de 2012 \(mec.gov.br\)](http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/Resolucao_CNE_CEB_n5_22_junho_2012.pdf). Acesso em: 25 maio 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade. *Educação Escolar Indígena: diversidade sociocultural indígena ressignificando a escola*. Brasília, DF: MEC, 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/educacaoindigena.pdf>. Acesso em: 5 maio 2019.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. *Estudantes indígenas ganham as universidades*. Brasília, DF: MJSP, 2018. Disponível em: <https://www.justica.gov.br/news/estudantes-indigenas-ganham-as-universidades>. Acesso em: 17 maio 2020.

BRASIL. Ministério dos Povos Indígenas. *Educação Escolar Indígena*. Brasília, DF: Ministério dos Povos Indígenas, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atualizacao/povos-indigenas/cidadania/educacao-escolar-indigena>. Acesso em: 19 maio 2020.

BRASIL. Ministério Público Federal. Câmara de Coordenação e Revisão, 6. *Manual de jurisprudência dos direitos indígenas / 6ª Câmara de Coordenação e Revisão, Populações Indígenas e Comunidades Tradicionais*. Brasília, DF: MPF, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.mpf.mp.br/server/api/core/bitstreams/fd6c011e-bc46-439b-8754-1b5866604be6/content>. Acesso em: 6 maio 2020.

GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 35, n. 2, 1995.

GRUPIONI, Luís Donisete Benzi. A educação escolar indígena no Brasil. *Povos Indígenas no Brasil*, [s. l.], 2000. Disponível em: https://pib.socioambiental.org/pt/A_educacao_escolar_indigena_no_Brasil. Acesso em: 16 maio 2020.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Censo 2010: população indígena é de 896,9 mil, tem 305 etnias e fala 274 idiomas*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo?busca=1&id=3&idnoticia=2194&view=noticia>. Acesso em: 6 maio 2020.



IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Censo 2022*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/>. Acesso em: 5 nov. 2024.

KAHN, Marina; FRANCHETTO, Bruna. *Educação Indígena no Brasil: conquistas e desafios*. *Em aberto*, Brasília, DF, ano 14, n. 63, 1994. DOI: <https://doi.org/10.24109/2176-6673.emaberto.14i63.1972>. Acesso em: 16 maio 2020.

NAZARENO, Elias; ARAÚJO, Ordália Cristina Gonçalves. História e diversidade cultural indígena na base nacional comum curricular (2015-2017). *Revista Temporis[ação]*, Goiás, v. 18, n. 1, p. 35-60, 2018. Acesso em: 6 maio 2020.

OS DESAFIOS da educação indígena para a presidência, segundo pesquisadoras (es). *CartaCapital*, São Paulo, 2018. Disponível em: [Os desafios da educação indígena para a presidência, segundo pesquisadoras\(es\) - CartaCapital](#). Acesso em: 7 maio 2020.

PAIM, Elison Antonio; PEREIRA, Pedro Mülbersted. Uma experiência com educação intercultural indígena: entrevista com a professora Joziléia Daniza Kaingang. *Roteiro*, Joaçaba, v. 44, n. 1, p. 1-12, 2019. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/roteiro>. Acesso em: 11 jun. 2020.

SILVA, Lays Gonçalves. Povos indígenas no contexto do ensino superior: os desafios do acesso e da permanência na UFPR. *Campos*, Paraná, v. 17, n. 2, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/campos/article/download/54275/pdf>. Acesso em: 18 maio 2020.

Submetido 23/10/2023. Aprovado 07/07/2024

Avaliação: revisão duplo-anônimo

Análise econômica de multiprodutos de um povoamento de eucalipto em curta rotação

ECONOMIC ANALYSIS OF MULTI-PRODUCTS FROM A SHORT ROTATION EUCALYPTUS PLANTATION

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS MULTIPRODUCTOS DE UNA PLANTACIÓN DE EUCALIPTO DE ROTACIÓN CORTA

Hélio Antônio de Oliveira Junior

Universidade Federal de Jataí (UFJ)

helio.engflorestal@gmail.com

Edmilson Santos Cruz

Universidade Federal de Jataí (UFJ)

edmilson_santos_cruz@ufj.edu.br

Thelma Shirlen Soares

Universidade Federal de Jataí (UFJ)

thelmasoares@ufj.edu.br

Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica da produção de clones de *Eucalyptus* spp., considerando um único produto e multiprodutos oriundos da madeira. Foram empregados dados de um povoamento clonal com espaçamento de 3,0 m x 2,0 m e idade de quatro anos, localizado no município de Jataí, Goiás. Os cenários avaliados foram: i) toda a produção destinada ao uso único (lenha); e ii) produção destinada a multiprodutos (duas opções de toras para lenha, mourão para cerca e poste). A quantificação do volume comercial para os diferentes produtos foi obtida pelo software DynaTree. Para a análise econômica, utilizaram-se os métodos do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR), aplicando a taxa de desconto de 10% a.a. Adicionalmente, realizou-se a análise de sensibilidade do VPL, considerando variações de 6% a 12% nas taxas de desconto e aumentos de 25% a 150% no custo de implantação do povoamento. Verificou-se que, para a taxa de 10% a.a., somente a opção de conversão do povoamento em multiprodutos foi economicamente viável (VPL = R\$ 5.861,45/ha e TIR = 30,1%). Na análise de sensibilidade, em nenhum cenário avaliado a conversão do povoamento para um único produto foi viável do ponto de vista econômico. As variações na taxa de juros demonstraram viabilidade para a opção de multiprodutos, com a lucratividade sendo inversamente proporcional ao aumento da taxa. A simulação do aumento do custo de implantação apresentou viabilidade com acréscimos de até 125%. Conclui-se que os multiprodutos constituíram a melhor alternativa de remuneração do povoamento em estudo.

Palavras-chave: economia florestal; Valor Presente Líquido; Taxa Interna de Retorno.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the economic viability of producing *Eucalyptus* spp. clones, considering a single product and multiple products derived from wood. Data was used from a clonal stand with a spacing of 3.0 m x 2.0 m and an age of four years, located in the municipality of Jataí, Goiás. The scenarios evaluated were: I) all production destined for single use (firewood); and II) production destined for multi-products (two log options for firewood, fence posts and poles). The commercial volume for different products was quantified using the DynaTree software. For the economic analysis, the Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR) methods were used, applying a discount rate of 10% per year. In addition, a sensitivity analysis of the NPV was carried out considering variations of between 6% and 12% in the discount rates and increases of between 25% and 150% in the cost of setting up the plantation. It was found that 10% p.a. rate, only the option of converting the stand into multiproducts was economically viable (NPV = R\$ 5,861.45/ha and IRR = 30.1%). In the sensitivity analysis, the conversion of the stand to a single product was not economically viable in any of the scenarios evaluated. The interest rate variations evaluated demonstrated the viability of the multi-product option, with profitability inversely proportional to the increase in the rate. The simulation of the increase in implementation costs proved viable with increases of up to 125%. Multi products were the best alternative for remunerating the stand under study.

Keywords: forestry economics; Net Present Value; Internal Rate of Return.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad económica de la producción de clones de *Eucalyptus* spp., considerando un único producto y múltiples productos derivados de la madera. Se utilizaron datos de un rodal clonal con espaciamiento de 3,0 m x 2,0 m y edad de cuatro años, localizado en el municipio de Jataí, Goiás. Los escenarios evaluados fueron: I) toda la producción destinada a uso único (leña); y II) producción destinada a multiproductos (dos opciones de troncos para leña, postes para cercas y postes). El volumen comercial para los diferentes productos se cuantificó utilizando el *software DynaTree*. Para el análisis económico se utilizaron los métodos del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR), aplicando una tasa de descuento del 10% anual. Además, se realizó un análisis de sensibilidad del VAN considerando variaciones de entre el 6% y el 12% en los tipos de descuento e incrementos de entre el 25% y el 150% en el coste de establecimiento del rodal. Se constató que, para la tasa del 10% anual, sólo la opción de conversión del rodal en multiproducto era económicamente viable (VAN = 5.861,45 R\$/ha y TIR = 30,1%). En el análisis de sensibilidad, la conversión del rodal en monoproducto no fue económicamente viable en ninguno de los escenarios evaluados. Las variaciones del tipo de interés evaluadas mostraron que la opción multiproducto era viable, con una rentabilidad inversamente proporcional al aumento del tipo. La simulación del aumento de los costes de implantación resultó viable con incrementos de hasta el 125%. Los multiproductos fueron la mejor alternativa para remunerar el stand objeto de estudio.

Palabras clave: economía forestal; Valor actual neto; Tasa interna de rentabilidad.

Introdução

No Brasil, em 2022, a área total plantada com florestas foi de 9,94 milhões de hectares, sendo 7,6 milhões de hectares de eucalipto. Nesse mesmo ano, o setor florestal gerou 2,6 milhões de postos de trabalho diretos e indiretos, e toda a cadeia produtiva contribuiu com 1,3% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, o que demonstra a relevância do setor florestal na economia brasileira (IBÁ, 2023).

O eucalipto é utilizado de várias maneiras, como matéria-prima para a fabricação de papel por meio da celulose, fabricação de móveis, estruturas em construção civil, lenha, carvão, além disso a madeira serrada pode ser transformada em tábuas, aglomerados e compensados. Também é possível sua utilização na produção de óleos essenciais para cosméticos e insumos para indústrias farmacêuticas.

A madeira proveniente dos povoamentos de eucalipto era, até alguns anos, exclusivamente voltada para a produção de matéria-prima ou abastecimento para as empresas de grandes setores industriais brasileiros. Contudo, com o crescente desenvolvimento de novos produtos e o aumento da demanda de mercado por produtos madeiráveis, as empresas do setor florestal buscaram ampliar as possibilidades de utilização da madeira e diversificar sua produção com bioprodutos derivados dos componentes da madeira (Assis *et al.*, 2002; Soares *et al.*, 2003; Longue Júnior; Colodette, 2013).

Os desperdícios causados pelo processamento das árvores têm induzido a pesquisa e o desenvolvimento de modelos aplicados ao manejo de florestas, com o objetivo de auxiliar na definição do uso da madeira, a fim de torná-las mais rentáveis, diante da finalidade de cada plantio (Lustosa Júnior *et al.*, 2017).

Em razão dos vários fins que se pode obter com o eucalipto, é importante verificar se é possível potencializar o retorno financeiro de acordo com sua utilização, visto que, no Brasil, existem alguns fatores que influenciam positivamente a produção de eucalipto, como clima e tecnologia.

Com a ampla utilização do eucalipto, é possível otimizar o ganho econômico por meio de usos múltiplos ou sortimentos, ou seja, a utilização da árvore para diversos produtos. Isso faz com que a receita não seja muito impactada com as oscilações do mercado, uma vez que cada produto terá seu preço de mercado diferenciado (Lustosa Júnior *et al.*, 2017). No entanto, essa utilização voltada para múltiplos produtos ainda não é muito empregada, em virtude da escassez de estudos sobre a viabilidade econômica em plantios de curta rotação, que poderiam auxiliar os produtores florestais em sua tomada de decisão (Santos, 2010).

A destinação da árvore para multiprodutos pode garantir o aproveitamento do fuste, com o corte dos troncos para cada finalidade, considerando as dimensões e a qualidade. Isso proporciona um rendimento econômico maior e um melhor aproveitamento do povoamento florestal.

Em florestas com planejamento para multiprodutos, há uma maximização de lucros em comparação com o uso de um único produto (Assis *et al.*, 2002). Entretanto, a grande maioria dos produtores realiza plantios sem um objetivo definido e, com isso, não consegue determinar o período mais adequado para o corte nem obter um bom aproveitamento da madeira.

Nesse sentido, destinar a madeira de uma mesma árvore para multiprodutos é uma alternativa para aumentar a receita, visto que cada produto tem o seu preço de mercado diferenciado, de acordo com o seu porte e suas dimensões, seja para usos mais nobres, como serraria, ou para usos menos nobres, como lenha, celulose ou carvão vegetal. Portanto, torna-se interessante a avaliação da viabilidade econômica da produção madeireira destinada a multiprodutos, em vez de destinar toda a madeira a um único uso. Segundo Castro *et al.* (2011), a aplicação de critérios de análise econômica torna-se fundamental para subsidiar as decisões nas escolhas dos melhores projetos e/ou alternativas a serem implementadas.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica da produção de madeira a partir de clones de *Eucalyptus* spp., implantados em Jataí, GO, considerando tanto um único produto quanto multiprodutos derivados da madeira.

Material e métodos

Os dados dendrométricos empregados neste estudo foram provenientes de um povoamento de eucalipto implantado às margens da rodovia BR-364, no município de Jataí, GO, com coordenadas de 51°35'0,732"O e 17°52'30,203"S.

O município de Jataí, segundo a classificação de Köppen, atualizada por Alvares *et al.* (2014), tem um clima do tipo Aw, tropical de savana e megatérmico, caracterizado por duas estações bem definidas e com regime distinto de precipitação, ocorrendo o maior índice pluviométrico de outubro a março e tendo um período de estiagem compreendido entre abril e setembro. O solo predominante na área de estudo, segundo Sepulveda Neto (2014), é o latossolo vermelho distroférrico.

O povoamento tem 19,676 há, sendo composto pelos clones: I 144 (híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*), VM 01 (híbrido de *E. urophylla* x *E. camaldulensis*) e 1277 (híbrido de *E. urophylla* x *E. camaldulensis*), implantados no espaçamento 3,0 m x 2,0 m e avaliados neste estudo aos quatro anos de idade.

Por meio do censo realizado na área para outro estudo, obteve-se a distribuição de frequência por classe diamétrica, pelo método empírico, utilizando uma amplitude de classe de 2 cm. Considerou-se o limite inferior da primeira classe correspondente ao diâmetro mínimo de inclusão, ou seja, 5 cm, resultando em seis classes diamétricas (Sepulveda Neto, 2014).

| Classe diamétrica (cm) | Altura total média (m) | Frequência (número de árvores) |
|------------------------|------------------------|--------------------------------|
| 5,0 – 7,0 | 10,8 | 1976 |
| 7,0 – 9,0 | 13,2 | 4293 |
| 9,0 – 11,0 | 15,3 | 7277 |
| 11,0 – 13,0 | 16,9 | 3639 |
| 13,0 – 15,0 | 18,7 | 338 |
| 15,0 – 17,0 | 20,4 | 8 |
| Total | 15,9 | 17531 |

Tabela 1 - Distribuição de frequência por classe diamétrica em um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO
Fonte: Elaborada pelos autores.

A estimativa da produção foi realizada por meio de modelos de afilamento, também denominados funções de *taper*. Para o ajuste dos modelos de afilamento, empregaram-se dados da cubagem rigorosa realizada por Sepulveda Neto (2014), que amostrou 96 árvores, resultando em 32 árvores por clone.

A avaliação de multiprodutos da madeira exige uma descrição do perfil do fuste, quer dizer, exige a determinação ou estimativa de vários diâmetros ao longo um do outro, por meio de modelos de afilamento (Husch; Beers; Kershaw Junior, 2002). Dessa forma, o uso desses modelos torna-se uma ferramenta obrigatória para a quantificação dos multiprodutos, uma vez que as alternativas de uso são formuladas em razão das variáveis: comprimento, diâmetro máximo e diâmetro mínimo das toras (Lima *et al.*, 1997).

Os modelos de afilamento comparados foram os de Kozak, Munro e Smith (1969) e Demaerschalk (1972), cujas relações funcionais das funções gerais estão apresentadas na Tabela 2. Esses modelos foram selecionados por estarem disponíveis no input no software de otimização de multiprodutos da madeira DynaTree, versão 2.0, desenvolvido por Leite e Ribeiro (2002).

| Autor | Modelo* |
|-----------------------------|--|
| Kozak, Munro e Smith (1969) | $\left(\frac{d_i}{dap}\right)^2 = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{HT}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{HT}\right)^2 + \varepsilon_i$ |
| Demaerschalk (1972) | $\left(\frac{d_i}{dap}\right)^2 = 10^{2\beta_0} dap^{2(\beta_1-2)} HT^{2\beta_2} (HT-h_i)^{2\beta_3} + \varepsilon_i$ |

Tabela 2 - Modelos de *taper* ajustados para um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

*Em que: d_i = diâmetro comercial na altura h_i (cm); dap = diâmetro medido a 1,30 m de altura do solo (cm); HT = altura total (m); h_i = altura onde ocorre o diâmetro comercial d_i (m); $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ e β_3 = parâmetros do modelo; ε_i = erro aleatório $\varepsilon_i \sim NID(0, \sigma^2)$.

Fonte: Campos; Leite (2017).

Para realizar os ajustes, utilizou-se o software R, empregando a técnica de ajuste não linear por processo iterativo. A função `nls`, implementada na base do próprio software, foi aplicada com o algoritmo de Gauss-Newton, conforme script desenvolvido por Môra (2015). O desempenho das equações obtidas foi verificado por meio do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), do erro padrão da estimativa percentual ($S_{yx}\%$) e da análise gráfica dos resíduos percentuais.

Para a quantificação do volume das árvores foi aplicado o modelo que apresentou o melhor ajuste para descrever o afilamento dos fustes das árvores. O cálculo do volume comercial de cada árvore, para diferentes produtos, foi realizado no software DynaTree, versão 2.0, desenvolvido por Leite e Ribeiro (2002), o qual permite uma ótima conversão de fustes em toras de forma a otimizar a receita final.

Na sequência, de forma análoga à realizada por Lustosa Júnior *et al.* (2017), foram considerados dois cenários: cenário I, em que toda a produção foi destinada ao uso único (lenha – denominado energia 1); cenário II, em que a produção foi destinada a multiprodutos (duas opções de toras para lenha – energia 1 e energia 2, mourão para cerca e poste) de forma otimizada.

As especificações de uso foram definidas em razão dos padrões comumente empregados para toras de eucalipto em Jataí, GO. Para a especificidade de cada cenário, levou-se em consideração as medidas de cada sortimento escolhido e seu valor comercial (Tabela 3).

| Sortimento | Comprimento (m) | Diâmetro (cm) | | Valor (R\$)* |
|-------------------|-----------------|---------------|--------|-----------------------|
| | | mínimo | máximo | |
| Lenha (energia 1) | 2,0 | 5,0 | 30,0 | 108,21/m ³ |
| Lenha (energia 2) | 1,1 | 5,0 | 30,0 | 108,21/m ³ |
| Mourão | 2,2 | 8,0 | 15,0 | 15,30/unidade |
| Poste | 7,0 | 10,0 | 20,0 | 105,00/unidade |

Tabela 3 - Especificação de cada sortimento utilizado nos cenários avaliados para um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

*A pesquisa de preço foi realizada no mês de setembro de 2021, tendo em vista a conversão média do real para o dólar equivalente nesse período: US\$ 1,00 = R\$ 5,28.¹

Fonte: Elaborada pelos autores.

Após a configuração dos sortimentos e a inserção dos valores dos respectivos produtos, preços e equação de afilamento, buscou-se um corte que possibilitasse maior retorno financeiro para a destinação da madeira. Como resultado, o software DynaTree

1 Cotação mensal do dólar consultado em: Banco Central do Brasil (Cotações [...], 2021).

forneceu o percentual de aproveitamento da tora, considerando, entre as diferentes combinações de cortes possíveis, aquela que garantisse mais retorno financeiro.

Em seguida, para a realização da análise econômica, foram obtidas informações referentes aos custos de implantação, de manutenção (tratos culturais) e de colheita do povoamento (Tabela 4).

| Item | Ano de Ocorrência | Valor (R\$)* |
|-----------------------|-------------------|----------------------|
| Implantação | 0 | 4.000,00/ha |
| Tratos culturais | 1 a 2 | 2.000,00/ha |
| Tratos culturais | 3 | 1.300,00/ha |
| Tratos culturais | 4 | 500,00/ha |
| Colheita e transporte | 4 | 20,00/m ³ |

Tabela 4 - Custos de produção da madeira de um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

*A pesquisa de preço foi realizada no mês de setembro de 2021, tendo em vista a conversão média do real para o dólar equivalente nesse período: US\$ 1,00 = R\$ 5,38.²

Fonte: Elaborada pelos autores.

Desse modo, realizou-se a verificação da viabilidade econômica dos multiprodutos em comparação com o uso da madeira para apenas uma finalidade, aplicando os métodos Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR), com base em uma taxa de juros alternativa de mercado de 10% ao ano.

Segundo Rezende e Oliveira (2013), o VPL e a TIR são métodos que consideram o valor do capital no tempo, ou seja, atribuem diferentes ponderações às receitas líquidas, levando em conta sua distribuição no decorrer do tempo, sendo indicados para a análise de projetos no setor florestal. O cálculo do VPL e da TIR foi realizado por meio das seguintes expressões:

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j}$$

$$\sum_{j=0}^n R_j (1+TIR)^{-j} = \sum_{j=0}^n C_j (1+TIR)^{-j}$$

Em que:

VPL = valor presente líquido (R\$/ha);

R_j = valor atual das receitas;

C_j = valor atual dos custos;

i = taxa de juros ao ano;

j = período em que as receitas ou os custos ocorrem;

n = número de períodos ou duração do projeto;

TIR = taxa interna de retorno (%).

Um projeto é compreendido como economicamente viável quando o VPL é maior que zero e, ao ser comparado com outros projetos, aquele com o maior VPL é considerado o mais vantajoso (Folmann *et al.*, 2014). Além disso, a viabilidade também é confirmada quando a TIR é maior que uma taxa mínima de atratividade (Pedroso Filho *et al.*, 2018).

² Cotação mensal do dólar consultado em: Banco Central do Brasil (Cotações [...], 2021).

A taxa mínima de atratividade considerada neste estudo foi de 6% ao ano, definida com base na remuneração da poupança bancária. Essa definição foi determinada porque a caderneta de poupança é considerada, conforme Ribaski (2007) e Melo (2021), um investimento de baixo risco e de fácil acesso, apesar de sua baixa rentabilidade.

De forma complementar, realizou-se a análise de sensibilidade do VPL em relação às variações nas taxas de desconto e no custo de implantação, de modo a verificar a influência desses fatores na viabilidade econômica dos cenários avaliados.

A análise de sensibilidade com relação às taxas de desconto consistiu na aplicação de taxas de 6% a 12% ao ano, variação comumente observada no setor florestal (Souza, 2005; Rezende; Oliveira, 2013). Conforme relatam Virgens, Freitas e Leite (2016), a análise do VPL referente à variação da taxa de juros busca retratar possíveis cenários em decorrência da flexibilização da respectiva taxa durante o horizonte de planejamento avaliado, o que poderia ocorrer em virtude da estabilidade ou instabilidade econômica no período. Já na análise de sensibilidade em relação a variações do custo de implantação, consideraram-se aumentos de 25%, 50%, 75%, 100%, 125% e 150%.

Resultados e discussão

As equações obtidas pelo ajuste dos modelos de afilamento avaliados neste estudo apresentaram parâmetros significativos. A equação gerada pelo modelo de Demaerschalk destacou-se por sua maior acurácia, evidenciada pelo maior coeficiente de determinação ajustado, menor erro padrão residual e distribuição gráfica de resíduos menos tendenciosa (Tabela 5 e Gráfico 1), sendo, portanto, escolhida para ser aplicada em um sistema de otimização de corte de toras para obtenção de multiprodutos.

| Modelo | Parâmetros estimados | | | | R ² _{aj.} (%) | S _{yx} (%) |
|----------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|---------------------|
| | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | | |
| Kozak, Munro e Smith | 1,2183* | -2,5203* | 1,4316* | - | 93,5 | 9,92 |
| Demaerschalk | 0,1302* | 0,9554* | -0,9867* | 0,9511* | 96,5 | 0,42 |

Tabela 5 - Parâmetros e estatísticas de ajuste das equações de afilamentos para um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

*Significativo pelo teste T ao nível de 5% de significância. Em que: $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ = parâmetros estimados; R²_{aj} = coeficiente de determinação ajustado (%); Syx = erro-padrão da estimativa (%).

Fonte: Elaborada pelos autores.

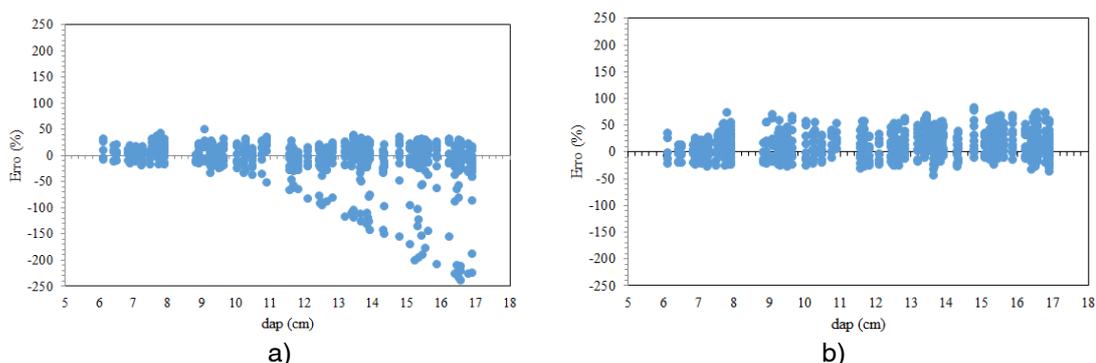


Gráfico 1- Distribuição gráfica de resíduos para as equações obtidas por meio dos modelos de afilamento de Kozak, Munro e Smith (a) e Demaerschalk (b) para um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

Fonte: Elaborado pelos autores.

Menezes *et al.* (2020), avaliando cinco modelos de afilamento de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* para aplicação em um sistema de otimização de corte das árvores em multiprodutos da madeira, também verificaram que o modelo de Demaerschalk foi o mais adequado, corroborando o resultado deste estudo.

A estrutura otimizada gerada pelo DynaTree, ou seja, o produto que proporcionou o máximo retorno financeiro com o mínimo de desperdício possível em cada classe diamétrica, é apresentada na Tabela 6.

| Classe diamétrica (cm) | Uso Único | | | Multiprodutos | | |
|------------------------|------------|-----------------------------|------------|---------------|-----------------------------|------------|
| | Sortimento | Volume (m ³ /ha) | Quantidade | Sortimento | Volume (m ³ /ha) | Quantidade |
| 5,0 – 7,0 | Lenha (E1) | 1,0837 | 4 | Lenha (E1) | 0,6240 | 1 |
| 7,0 – 9,0 | Lenha (E1) | 5,4486 | 6 | Lenha (E1) | 5,2258 | 3 |
| 9,0 – 11,0 | Lenha (E1) | 17,8158 | 9 | Lenha (E1) | 5,1717 | 2 |
| | | | | Mourão | 11,7567 | 2 |
| 11,0 – 13,0 | Lenha (E1) | 13,8625 | 10 | Lenha (E1) | 2,6452 | 2 |
| | | | | Mourão | 11,1184 | 3 |
| 13,0 – 15,0 | Lenha (E1) | 1,9357 | 12 | Lenha (E1) | 0,2465 | 2 |
| | | | | Mourão | 1,6818 | 4 |
| 15,0 – 17,0 | Lenha (E1) | 0,0654 | 14 | Lenha (E1) | 0,0085 | 2 |
| | | | | Lenha (E2) | 0,0012 | 1 |
| | | | | Mourão | 0,0080 | 1 |
| | | | | Poste | 0,0480 | 1 |
| Total | - | 40,2117 | 55 | - | 38,5358 | 24 |

Tabela 6 - Estrutura ótima de corte das árvores por classe diamétrica e uso em um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

Fonte: Elaborada pelos autores.

É importante ressaltar que o povoamento em estudo apresentou um percentual significativo de mortalidade no momento do plantio, cujas mudas não foram replantadas na sua totalidade, apresentando também o mesmo comportamento no primeiro ano de condução do plantio. Tal fato fez com que o povoamento aos quatro anos de idade apresentasse um número de árvores reduzido, 47% a menos do que o esperado. No município de Jataí, esse comportamento é comum, ou seja, em alguns casos nos quais os produtores destinam parte da área de suas propriedades para o plantio de eucalipto, mas não dão a devida atenção aos tratos culturais necessários para a boa condução do povoamento.

Para a opção de produção de multiprodutos, verificou-se que, nas classes diamétrica de 5,0 cm a 9,0 cm, toda a madeira produzida foi destinada para lenha (E1), pois suas dimensões não permitiram aproveitamento para outros usos. Nas classes de 9,0 cm a 15,0 cm, a madeira foi destinada para lenha e mourão, e na classe acima de 15,0 cm foi possível obter todos os produtos. Ao observar os multiprodutos, o mourão foi o produto que teve o maior aproveitamento de madeira, seguido pela lenha (E1), poste e lenha (E2). A opção de conversão das toras em postes foi a menor, em virtude de o povoamento apresentar mais quantidade de árvores que não atingem a dimensão diamétrica mínima exigida.

Na opção uso único, o volume obtido para o uso de lenha (E1) foi de 40,2117 m³/ha, ao passo que, na opção de uso múltiplo, o volume total obtido foi de 38,5358 m³/ha. Na opção de multiprodutos, o maior volume da madeira foi aproveitado para mourões

(63,746%), seguido de lenha - E1 (36,127%), postes (0,125%) e lenha - E2 (0,003%). Para uso único, o volume foi de 40,2117 m³/ha para lenha (E1) ao valor de R\$ 108,21 m³, resultando em uma receita bruta de R\$ 4.351,31 ha. Em relação aos multiprodutos, obteve-se 24,5649 m³/ha para mourão, que corresponde a 1363,66 toras, com receita bruta total de R\$ 20.864,00 ha; 0,0480 m³/ha para poste correspondente a 0,41 toras, com receita de R\$ 43,05 ha; 13,9217 m³/ha para lenha (E1), com receita de R\$ 1.506,47 ha; e 0,0012 m³/ha para lenha (E2), gerando receita de R\$ 0,13 ha, conforme Tabela 7.

| Uso | Volume obtido (m ³ /ha) | Receita (R\$/ha) |
|----------------------|------------------------------------|------------------|
| Único | 40,2117 | 4.351,21 |
| Lenha | 40,2117 | 4.351,31 |
| Multiprodutos | 38,5358 | 22.413,65 |
| Mourão | 24,5649 | 20.864,00 |
| Lenha (E1) | 13,9217 | 1.506,47 |
| Poste | 0,0480 | 43,05 |
| Lenha (E2) | 0,0012 | 0,13 |

Tabela 7 - Volume obtido e receita para um único uso e para multiprodutos para um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados do VPL e da TIR, com base na taxa de desconto de 10% ao ano, são apresentados na Tabela 8, na qual verificou-se que apenas a opção de uso múltiplo apresentou-se economicamente viável. A TIR obtida pela opção multiprodutos confirma a viabilidade dessa opção, uma vez que a TIR foi superior à taxa de referência do mercado. O valor obtido evidencia que as receitas descapitalizadas seriam superiores aos custos descapitalizados mesmo se o mercado trabalhasse com taxas superiores a 6,0% ao ano, até o limite de 30,1% ao ano – taxa na qual as receitas se igualariam aos custos.

| Uso | TIR (%) | VPL (R\$/ha) |
|----------------------|---------|--------------|
| Único | -36,0% | -6.503,72 |
| Multiprodutos | 30,1% | 5.861,45 |

Tabela 8 - Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para um único uso e para multiprodutos, com base em taxas de desconto de 10% ao ano, em um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

Fonte: Elaborada pelos autores.

Estudos desenvolvidos por Soares *et al.* (2003), Castro *et al.* (2011), Lustosa Junior *et al.* (2017) e Viana *et al.* (2021) também comprovaram que florestas de eucalipto destinadas à produção de multiprodutos apresentam mais rentabilidade em comparação com aquelas destinadas a um único uso.

Soares *et al.* (2003), ao compararem a rentabilidade da exploração de um povoamento de eucalipto para a produção de um único produto com a produção florestal para multiprodutos, também verificaram a inviabilidade da TIR (-10,31%) na opção de uso único e a TIR (12,77%) acima da taxa de oportunidade.

Segundo Lustosa Junior *et al.* (2017), em argumento comprovado neste estudo, a diversificação de usos da produção da madeira gera maior retorno financeiro quando comparada a um uso só, oferecendo mais flexibilidade e menor risco na comercialização.

Os efeitos da taxa de desconto na viabilidade econômica são apresentados no Gráfico 2, no qual se observa que aumentos na taxa de desconto elevam o risco do empreendimento, diminuindo a rentabilidade. Verificou-se que, para todas as taxas de juros analisadas, a opção de uso único mostra-se economicamente menos viável, com variação de 0,11% ao reduzir a taxa de 12% para 10%. No caso do uso múltiplo, se a taxa cair de 12% para 6%, o lucro aumenta em 36,08%.

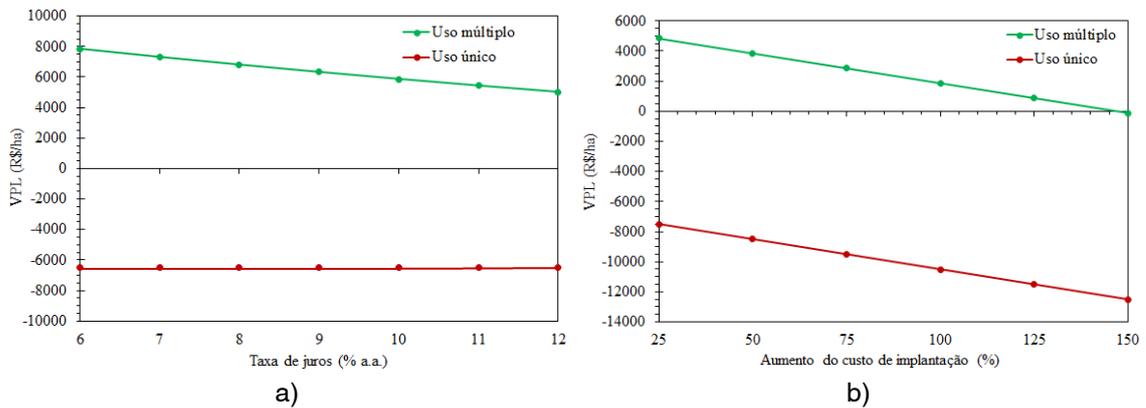


Gráfico 2- Valor Presente Líquido (VPL) para uso único e uso múltiplo para: (a) diversas taxas de juros anuais e (b) variações no aumento do custo de implantação de um povoamento de *Eucalyptus* spp. em Jataí, GO

Fonte: Elaborado pelos autores.

Avaliando o retorno econômico de plantios de eucalipto de um povoamento desbastado e destinado a multiprodutos da madeira, Castro *et al.* (2011) corroboram com este estudo, verificando que o VPL decrescia com o aumento da taxa.

Quando é destinado a um único uso (lenha), o empreendimento é inviável, considerando os critérios econômicos. Esse resultado é semelhante ao de Santos (2010), no qual a produção para energia se mostrou inviável para todas as taxas de juros. Ressalta-se que a inviabilidade do uso único é uma especificidade do povoamento no qual ocorreu alta mortalidade e apresentou baixo incremento médio anual.

Em um estudo com o híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*, verificou-se que, para taxas variando de 8% a 12%, foi viável o projeto de multiprodutos, considerando madeiras para poste, mourões e energia (Menezes *et al.*, 2020).

Na análise de variação do custo de implantação, observou-se que o uso único continuou inviável economicamente, enquanto o uso múltiplo se mostrou viável até um aumento de 125% do custo de implantação (Gráfico 2). Embora tenha permanecido viável em um cenário com aumento de 125% nos custos de implantação, o lucro obtido foi 85,3% menor em comparação ao cenário sem aumento nos custos de implantação.

É importante relatar que ocorreu um acréscimo significativo dos custos de produção agrícola em razão dos preços dos insumos no ano de 2021. De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA (CNA [...], 2021), os preços dos insumos subiram mais de 100% em 2021. Entre os insumos que são utilizados na implantação de povoamentos florestais, citam-se os fertilizantes, cuja alta de preço ocorreu em razão da alta demanda, da escassez da oferta mundial, da elevação dos preços internacionais e dos problemas logísticos. Dentre os defensivos agrícolas, o glifosato foi o que sofreu a maior alta (126,8%), influenciada principalmente pela interrupção da operação de indústrias fabricantes do insumo na China e problemas com o fornecimento de matéria-prima.

Nesse mesmo período, o preço médio de venda da madeira também apresentou acréscimo médio de 26% (Castro, 2021). Ao se considerar o cenário de instabilidades econômicas, a análise de sensibilidade apresenta-se como uma ferramenta importante no planejamento e nas tomadas de decisão sobre a implantação de povoamentos florestais, sobretudo na região de Jataí, GO – município que apresenta vocação para a produção de grãos (milho e soja) que, juntamente com outras commodities agrícolas, apresentam um momento favorável perante as condições macroeconômicas.

Ressalta-se que o presente estudo constituiu um estudo de caso, podendo haver variações nos coeficientes de custos e de receitas e, conseqüentemente, alterações nos critérios de viabilidade econômica avaliados.

Virgens, Freitas e Leite (2106) ressaltam ser possível que tal aspecto aconteça por causa das diversidades climáticas e edáficas, do tipo do material genético empregado (plantio clonal ou seminal) e dos níveis tecnológicos utilizados no processo produtivo. Ainda segundo os mesmos autores, no contexto da sensibilidade, pode-se facilmente respaldar a importância da variação da taxa de juros, cenário perfeitamente possível de ocorrer em projetos de plantios florestais, sobretudo pela instabilidade econômica do país.

Considerações finais

Para a produção apenas de lenha, não houve viabilidade econômica. Em contrapartida, para a produção de multiprodutos (lenha, moirões e poste), houve viabilidade econômica. As variações na taxa de juros avaliadas demonstram viabilidade da opção de multiprodutos, com a lucratividade inversamente proporcional ao aumento da taxa. A simulação do aumento do custo de implantação apresentou-se viável com acréscimos de até 125%.

Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil, Gebrüder Borntraeger. *Meteorologische Zeitschrift*, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ASSIS, A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. Avaliação de modelos polinomiais não segmentados na estimativa de diâmetros e volumes comerciais de *Pinus taeda*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 89-107, 2002.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. *Mensuração florestal - perguntas e respostas*. 5.ed. Viçosa: UFV, 2017.
- CASTRO, A. C. Aumento no preço do eucalipto e escassez de madeira impactam a indústria em Goiás. *Federação das Indústrias do Estado de Goiás*, Goiânia, 2021. Notícias. Disponível em: <https://bit.ly/3DzD4yl>. Acesso em: 8 dez. 2021.
- CASTRO, R. V. O.; LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; SOARES, C. P. B.; ARAÚJO JÚNIOR, C. A.; CASTRO, A. F. N. M.; CRUZ, J. P.; SANTOS, F. L.; SOUZA, C. C. Avaliação econômica de um povoamento de eucalipto desbastado e destinado a multiprodutos da madeira. *Scientia Forestalis*, [s. l.], v. 39, n. 91, p. 351-357, 2011.

CNA diz que falta de insumos e dólar já estão aumentando custos de produção agrícola. *Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA*, Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3GvcAQi>. Acesso em: 8 dez. 2021.

COTAÇÕES e boletins. *Banco Central do Brasil*, Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3oLCQAg>. Acesso em: 21 set. 2021.

DEMAERSCHALK, J. P. Converting volume equations to compatible taper equations. *Forest Science*, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 241-245, 1972.

FOLMANN, W. T.; MIRANDA, G. M.; DIAS, A. N.; MORO, F. C.; FERNANDEZ, M. L. Q. Viabilidade de projetos florestais em três regimes de manejo na mesorregião centro-oriental do Paraná. *Revista Floresta*, Paraná, v. 44, n. 1, p. 153-160, 2014.

HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW JUNIOR, J. A. *Forest mensuration*. 4. ed. New York: Wiley, 2002.

IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores). *Relatório anual 2023*. São Paulo: IBÁ, 2023. Disponível em: <https://bitlybr.com/cDfo>. Acesso em: 18 jun. 2024.

KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. H. G. Taper functions and their application in forest inventory. *Forest Chronicle*, [s. l.], v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.

LEITE, H. G.; RIBEIRO, J. C. *DynaTree – software de otimização de multiprodutos da madeira*. 2002. (software)

LIMA, D. G.; LEITE, H. G.; PAULA JUNIOR, G. G.; SOUZA, A. L. Um modelo de suporte a decisão sobre multiprodutos de povoamentos de eucalipto. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 21, n. 1, p.35-48, 1997.

LONGUE JÚNIOR, D.; COLODETTE, J. L. Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Cassilândia, Brasília, DF, v. 33, n. 76, p. 429-438, 2013.

LUSTOSA JÚNIOR, I. M.; LIMA, M. B. O.; NASCIMENTO, B. G.; MEIRA JÚNIOR, M. S.; CASTRO, R. V. O. Modelos de afilamento e otimização de multiprodutos de um povoamento de *Eucalyptus* não desbastado. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia, v. 4, Suplemento 1, p. 59-65, 2017.

MELO, I. M. *Estudo de viabilidade para implantação de um sistema de geração fotovoltaica em uma fazenda no interior do Ceará*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

MENEZES, L. S.; FIGUEREDO, J. B. L.; COSTA, L. S.; CASTRO, R. V. O.; ARAÚJO JÚNIOR, C. A. Taper modeling and economic evaluation of multiproducts obtained from wood of short-rotation *Eucalyptus* stands. *Revista Floresta*, Paraná, v. 50, n. 3, p. 1448-1448, 2020.

MÔRA, R. *Funções de afilamento de forma variável e modelagem de efeitos mistos em fustes de Pinus taeda e Eucalyptus saligna*. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

PEDROSO FILHO, J. I.; BIALI, L. J.; SCHNEIDER, P. R.; FARIAS, J. A.; Avaliação econômica de projetos de florestamento com *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden implantado sob diferentes espaçamentos. *Revista Ciência Florestal*, Maria, v. 28, n. 1, p. 240-248, 2018.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. *Análise econômica e social de projetos florestais*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.

RIBASKI, S. A. G. *Sistemas silvipastoris como apoio ao desenvolvimento rural para a região Sudoeste do Rio Grande do Sul*. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SANTOS, F. R. *Caracterização dendrométrica e avaliação econômica de povoamentos de eucalipto para multiprodutos*. 2010. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Florestais) — Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

SEPULVEDA NETO, P. *Equações volumétricas e fatores de forma para clones de eucalipto em Jataí, GO*. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) — Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2014.

SOARES, T. S.; VALE, A. B.; LEITE, H. G.; MACHADO, C. C. Otimização de multiprodutos em povoamentos florestais. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 27, n. 6, 811-820, 2003.

SOUZA, Á. N. *Crescimento, produção e análise econômica de povoamentos clonais de Eucalyptus sp. em sistemas agroflorestais*. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) — Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

VIANA, L. A.; CASTRO, R. V. O.; SOUZA, A. N.; SOARES, C. P. B.; COSTA, L. S. Optimization and economic analysis of multiproducts obtained from wood of eucalyptus stands under different productive capacity classes and rotation ages. *Revista Floresta*, Paraná, v. 51, n. 2, p. 293-302, 2021.

VIRGENS, A. P.; FREITAS, L. C.; LEITE, A. M. P. Análise econômica e de sensibilidade em um povoamento implantado no Sudoeste da Bahia. *Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 211-219, 2016.

Submetido 25/11/2023. Aprovado 20/05/2024
Avaliação: revisão duplo-anônimo

Bayesian Probabilistic Modeling applied to some environmental data using PyMC

MODELAGEM PROBABILÍSTICA BAYESIANA APLICADA A ALGUNS DADOS AMBIENTAIS USANDO PYMC

MODELADO PROBABILÍSTICO BAYESIANO APLICADO A ALGUNOS DATOS AMBIENTALES UTILIZANDO PYMC

Fernando Schimidt

Instituto Federal de Goiás (IFG)/Câmpus Goiânia
fernando.quimica@ifg.edu.br

Cleveland Lemos Freire

Instituto Federal de Goiás (IFG)
clevelandlemos@gmail.com

Luiza Cintra Campos

University College London
l.campos@ucl.ac.uk

Mariângela Fontes Santiago

Universidade Federal de Goiás (UFG)
mariangelafs@gmail.com

Abstract

Machine learning models can be employed to anticipate environmental problems and even oversee systems and processes. The Bayesian multivariate probabilistic model (BMP) is able to predict the concentration of Dissolved Oxygen (DO) in water. With the use of free software which, based on historical data from water analysis, we are able to achieve results similar to those produced by artificial neural networks. In this study, we applied a BMP model developed in Python using the PyMC3 library to two different nonlinear environmental data sets. In the first one, a multivariate calibration of DO was performed in raw water from the Piracicaba River (São Paulo - Brazil), and the BMP model obtained a Root Mean Square Error of prediction (RMSEp) of 0.835 mg L⁻¹ for 20 samples tested. In the second set, the same modeling process was used to obtain an RMSEp of 0.839 mg L⁻¹ for 20 samples tested. Both results comparable to those obtained with a back propagation neural network. Another non-linear environmental data set was tested with excellent results. A BMP model for the concentration of benzene in air, as used for monitoring air pollution, obtained a RMSEp of 0.584 µg m⁻³.

Keywords: air pollution modeling. Bayesian modeling. dissolved oxygen. PyMC. Python. water quality modeling

Resumo

Modelos de aprendizado de máquina podem ser usados para prever problemas ambientais e até mesmo gerenciar sistemas e processos. O modelo probabilístico multivariado bayesiano (BMP) permite a construção de um modelo de previsão da concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) na água. Com a utilização de softwares gratuitos que, a partir de dados históricos de análises de água, fornecem de

forma rápida e robusta, resultados semelhantes aos produzidos por redes neurais artificiais. Neste trabalho, um modelo BMP desenvolvido em Python utilizando a biblioteca PyMC3 foi aplicado a dois conjuntos de dados ambientais não lineares diferentes. No primeiro, a calibração multivariada do OD foi realizada em água bruta do Rio Piracicaba (São Paulo - Brasil), onde o modelo BMP obteve um Erro Quadrático Medio de previsão (RMSEp) de 0,835 mg L⁻¹ para 20 amostras testadas. No segundo conjunto, o mesmo processo de modelagem foi realizado para o Rio Paraíba do Sul (São Paulo - Brasil), obtendo um RMSEp de 0,839 mg L⁻¹ para 20 amostras testadas. Ambos os resultados foram equivalentes aos obtidos com uma rede neural de retropropagação. Outros dados ambientais não lineares foram testados com resultados muito bons. Um modelo BMP para concentração de benzeno no ar urbano, como monitoramento da poluição atmosférica, obteve um RMSEp de 0,584 µg m⁻³.

Palavras-chave: Modelagem de poluição atmosférica. Modelagem bayesiana. Oxigênio dissolvido. PyMC. Python. Modelagem de qualidade da água

Resumen

Los modelos de aprendizaje automático se pueden utilizar para predecir problemas ambientales e incluso gestionar sistemas y procesos. El modelo probabilístico multivariado bayesiano (BMP) permite la construcción de un modelo de predicción de la concentración de Oxígeno Disuelto (OD) en agua. Utilizando software libre que, basándose en datos históricos de análisis de agua, proporciona de forma rápida y robusta resultados similares a los producidos por redes neuronales artificiales. En este trabajo, se aplicó un modelo BMP desarrollado en Python utilizando la biblioteca PyMC a dos conjuntos de datos ambientales no lineales diferentes. En el primero, se realizó la calibración multivariada de OD en agua cruda del río Piracicaba (São Paulo - Brasil), donde el modelo BMP obtuvo un error cuadrático medio de predicción (RMSEp) de 0,835 mg L⁻¹ para 20 muestras analizadas. En el segundo conjunto, se realizó el mismo proceso de modelado para el río Paraíba do Sul (São Paulo - Brasil), obteniendo un RMSEp de 0,839 mg L⁻¹ para 20 muestras probadas. Ambos resultados fueron equivalentes a los obtenidos con una red neuronal de retro propagación. Se probaron otros datos ambientales no lineales con muy buenos resultados. Un modelo BMP para la concentración de benceno en el aire urbano, como monitoreo de la contaminación del aire, obtuvo un RMSEp de 0,584 µg m⁻³.

Palabras clave: Modelado de la contaminación del aire. Modelado bayesiano. Oxígeno disuelto. PyMC. Python. Modelado de la calidad del agua

Introduction

It is essential that water resources have adequate physical, chemical and microbiological conditions for use. Water must contain essential substances essential to life and be free from other substances that may have detrimental effects on organisms in the food chains. Therefore, it must be available in sufficient quantity and quality to meet the needs of the biota (Baird e Cann, 2011). Aiming to improve water quality conditions, the monitoring data require and allow ways to monitor the variation of water quality indicators. The modeling of these data can help establish hypotheses about the structure or behavior of a physical system and can explain the properties of the system and predict reactions to stimulus (Emamgholizadeh *et al.*, 2014; Wooley; Lin, 2005). It is also important to build models to predict DO as a function of changes in other physical and chemical parameters. The modeling outcomes can facilitate a deeper understanding of the mechanisms that underlie diverse behaviors, thereby providing a foundation for decision-making in water quality control and hydrological system (Von Sperling, 2014; Qian *et al.*, 2005; Graf, 2018).

Bayesian statistics are conceptually very simple: there are some data that are fixed, in the sense that what is measured cannot be changed, and there are parameters whose values are of interest and, therefore, their possible values can be explored. All the uncertainties are modeled using probabilities. In other statistical paradigms, there are different types of unknown quantities; in the Bayesian structure, everything that is unknown is treated in the same way. If a quantity is not known, a probability distribution can be assigned to it. Then, Bayes' theorem is used to transform the previous probability distribution $p(\theta)$ (what is known about a given problem before looking at the data), into a posterior distribution $p(\theta/D)$ (what is known after observing D data). In other words, Bayesian statistics is a form of learning (Martin, 2016). Transcending the logical reasoning that ponders the prior knowledge about the problem, this knowledge base draws its conclusions, where the full scope of the problem is not previously known. Thus, probabilistic reasoning is necessary, and it can act in the face of uncertainty, assigning levels of reliability. A powerful tool in this reasoning is Bayesian inferences. The lack of information in the probability is the same as dealing with uncertainties, not just boolean values, type of primitive data that has true (1) and false (0), in Bayesian thinking, this view is updated after analyzing the evidence, even if contrary to what is believed a priori - prior or previous probability, and given the updated evidence, the posterior probability. The Bayesian worldview defines probability as the measure of credibility in an event - that is, how confident we are that a given event will occur (Davidson-Pilon, 2016).

Consequently, when casting a fair coin, the probability of obtaining the head is 50%, but assuming in a play, one of the opponents has spied the coin at the moment after the launch, so the certainty of the result is likely 100% for the head face. But knowledge of the outcome does not change the results of the coin. So, different probabilities to the outcome are assigned. Furthermore, if after 100 throws the result was 20 times for the head and 80 times for the crown, the probability, in the opponents' belief, will remain the same, in other words, 50% chance for each one. This only happens in the frequentist view of probability, which is given by the limit of the relative frequency of the occurrence of an event, within one of a sample space with "n" independent repetitions of the experiment, with this "n" tending to infinity. So, the so-called frequentists, attribute to the most classic version of statistics, an unconditional probability, assuming that the probability is the frequency of long-term events. Bayesians, on the other hand, define probability as the measure of belief, or confidence that an event occurs, that is, a conditional probability. So, a frequentist inference of a function returns a number, a value that represents an estimate, summarized as if it was the sample mean, while the Bayesian function returns probabilities (Martin, 2016; Davidson-Pilon, 2016). Then, in a previous belief, in the face of new evidence, a new belief, known as Bayes Theorem, defined by Thomas Bayes, moves on to the following equation:

$$P(\theta | \gamma) = \frac{P(\gamma | \theta)P(\theta)}{P(\gamma)} \quad (1)$$

Where:

$P(\theta | \gamma)$: Posterior distribution of θ given the event γ ;

$P(\theta)$: The priori (previous) distribution of the event θ ;

$P(\gamma | \theta)$: Probability of event γ given the event θ (likelihood function);

$P(\gamma)$: Probability of event γ .

Interested in the proposition θ and knowing the event γ , the posterior $P(\theta | \gamma)$ is calculated. Inference is used to obtain it through computational processes (Davidson-Pilon, 2016).

Material and methods

Input and output data

The water quality data from the Piracicaba River (sampling point PCAB 02800) and the Paraíba do Sul River (PARB 02300), were provided by the Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb, 2023). The parameters: water temperature, turbidity, conductivity, total phosphorus concentration, ammoniacal nitrogen concentration, Kjeldahl nitrogen concentration, nitrate concentration, nitrite concentration, total dissolved solids concentration, biochemical oxygen demand (BOD), concentration of dissolved oxygen (DO), pH, and river flow were analyzed. The latter is available from Agência Nacional de Águas (Ana, 2023). All parameters from the samples analyzed were collected between 1990 and were used as historical data for building the models developed in this work. For the Piracicaba River, 148 data sets were provided, without any type of sample selection or removal of outliers for use in the models. For the calculations model, the physico-chemical parameters and river flow were arranged in a matrix $X[148, 10]$, in which each row corresponds to the analyses made on a given day. The columns refer to the studied parameters, except for the DO concentration values, which were used exclusively as an output parameter, associated with a vector $y[148, 1]$. For the Paraíba do Sul River, 155 data sets were provided and the data was arranged in $X[155, 11]$ and the output vector $y[155, 1]$.

Another non-linear environmental data was tested (supplementary material): air analysis with electronic nose of benzene (De Vito *et al.*, 2008; De Vito *et al.*, 2009), with a total of 9358 data sets, with 15 attributes containing missing values. All data containing missing values has been removed as well as the date and time attributes. The total samples were arranged in a matrix $X [876, 12]$ with the variables from the gas sensors responses: true CO concentration, and PT08.S1 sensor response, true Non Metanic Hydrocarbons concentration, PT08.S2 sensor response, true NO_x concentration, PT08.S3 sensor response, True NO₂ concentration, PT08.S4 sensor response, PT08.S5 sensor response, Temperature, Relative Humidity and Absolute Humidity. The output vector $y [876, 1]$ is the true benzene concentration.

Mathematical modelling

This work was developed using the PyMC library (Salvatier; Wiecki; Fonnesbeck, 2016) which is programmed in the Python language through the Anaconda distribution (Anaconda, 2023). It allows the use of Bayesian inferences tools; for statistical treatment of water quality data. It could also use cloud resources. The Bayesian probabilistic model (BPM) is based on the construction of a mathematical relationship between independent variables γ_i and the other dependent variables θ_i , using specific Gaussian probability distribution functions (Normal) to characterize the priori distribution of each variable θ_i in the model. Bayesian data analysis is based on the inference of unknown parameters for observed data models, returning to **Equation 1**, where now:

θ : Unknown variable of the model to be estimated (DO);

γ : Matrix of observed data X (physical-chemical parameters and river flow);

$P(\theta | \gamma)$: Posterior distribution of DO (θ) given the data X (event γ);

$P(\gamma | \theta)$: Likelihood function, which models the probability of observing the data γ given the parameters in the probabilistic model for the DO concentration.

$P(\theta)$: Prior distribution of model parameters.

$P(y)$: Probability distribution of data X , built from historical (temporal) data.

The adjustment parameters for BPM model are: the prior distributions parameters α , β and σ are gaussian using *Normal* (μ , 2), with μ from DO mean historical data and standard deviation σ as *Uniform* (0, 1); the sampling used are NUTS default method, with tune = 2000 and random seed. The comparison between the results of the BPM model and the artificial neural network was made using a back propagation neural network (*traingda* algorithm) present in Matlab, version R2016a. The training of the neural network considered all the adjustment parameters on the **default** condition. The validation/prediction sets for all models (for rivers) were built with 20 samples chosen using the original Kennard & Stone (Kennard-Stone [...], 2022) algorithm. The models generated and optimized by the PyCaret library (Documentação, 2023) were also used in comparison with our BPM model using **default** conditions. One of the key features of PyCaret is its capability to automatically select and tune machine learning models for all kinds of data. All full models developed with their adjustment parameters and the original data can be accessed at <https://github.com/Schimidt99/Bayesian-probabilistic-model>.

Results and discussion

A relationship between the dependent variable y (i.e., DO), in relation to the other independent input variables X can be established by using the Bayesian multivariate linear model through the *probability density functions* (PDF):

$$y_i \sim \text{Normal}(\mu_i, \sigma) \quad (\text{likelihood function}) \quad (2)$$

The linear relationship between y_i and $X_{i,j}$ is:

$$\mu_i = \alpha + \beta_j X_{i,j} \quad (3)$$

Where:

$\alpha \sim \text{Normal}(4, 10)$: the prior function α ;

$\beta_j \sim \text{Normal}(0, 10)$: the prior functions β ;

$\sigma \sim \text{Uniform}(0, 1)$: the prior function σ ;

i : index for the number of samples;

j : index relative to the number of variables (X columns).

The fit values of the PDF functions are estimated and based on experimental data. The fit values are in parentheses. The variable y_i uses a gaussian probability distribution, based on experimental information, that defines the plausibility of the individual observations of river DO over the sample period studied. Other probabilistic distributions were also tested in this work, such as log-normal, but the OD prediction results were worse. The parameters α , β_j and σ are defined by *priori distributions* with Gaussian form as *Normal*(μ, σ), using mean μ and standard deviation σ . Gaussian distribution appears in many processes in nature. Measurement errors, variations in growth and the velocities of molecules tend to Gaussian distributions. These processes do this because, in the end, these processes add finite fluctuations to a distribution

of sums that aggregate information about the underlying process (Salvatier; Wiecki; Fonnesbeck, 2016; Mc Elreath, 2015; Lyon, 2014).

The values of μ and σ in the distributions are optimized for each parameter α , β_j and σ . This model can predict y_i results through the *posterior distribution*, as observations normally distributed through an expected value μ_j , which is a linear function of predictive variables X_j , plus an observation error σ with uniform distribution (experimentally optimized).

At the PyMC library, the Bayesian model (Salvatier; Wiecki; Fonnesbeck, 2016) loads all the user-defined X_{ij} predictor (input) variables by associating them with a parameter β_j . It establishes a product between each vector (set) of X_j values and their respective coefficient β_j , being added to the coefficient α (or adjustment parameter) and establishing a mathematical relationship with the output y_i (or expected result) through the variable μ_i :

$$\mu_i = \alpha + \beta_0 X_{i1} + \beta_1 X_{i2} + \beta_2 X_{i3} + \dots + \beta_i X_{ij} + \varepsilon \quad (4)$$

The model considers μ to be *deterministic* random variable, which implies that its value is completely determined by the values of its 'parents'. In other words, there is no uncertainty beyond what is inherent in the parents values. Here (eq. 4), μ is just the sum of the intercept α and the products of the coefficients β_j representing the physico-chemical parameters from the analysis of the river water (Table 1) by the predictive variables X_j , whatever their values are, plus the random error ε presents behavior compatible with $Normal(0, s^2)$.

| Piracicaba river | Paraiba do Sul river |
|---|--|
| β_0 : BOD | β_0 : BOD |
| β_1 : Water temperature | β_1 : Water temperature |
| β_2 : River flow | β_2 : River flow |
| β_3 : Water pH | β_3 : Water pH |
| β_4 : Total phosphorus concentration | β_4 : Ammonia nitrogen concentration |
| β_5 : Nitrate NO_3^- concentration | β_5 : Total phosphorus concentration |
| β_6 : Nitrite NO_2^- concentration | β_6 : Conductivity |
| β_7 : Ammonia nitrogen concentration | β_7 : Nitrate NO_3^- concentration |
| β_8 : Kjeldahl nitrogen concentration | β_8 : Total dissolved solids conc. |
| β_9 : Turbidity | β_9 : Nitrite NO_2^- concentration |
| | β_{10} : Turbidity |

Table 1 - The β_j coefficients of the Bayesian model related to predictor variables for rivers models
 Fonte: Authors own elaboration.

The coefficients values generated by the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) algorithm, based on calibration data, are depicted graphically in Figure 1, which was generated by the PyMC library. On the left side of this figure, histograms with the randomly generated values obeying the characteristic reference values of mean of the chosen distributions, are presented. On the right side, the values generated (in sequential order) by Monte Carlo simulation are shown.

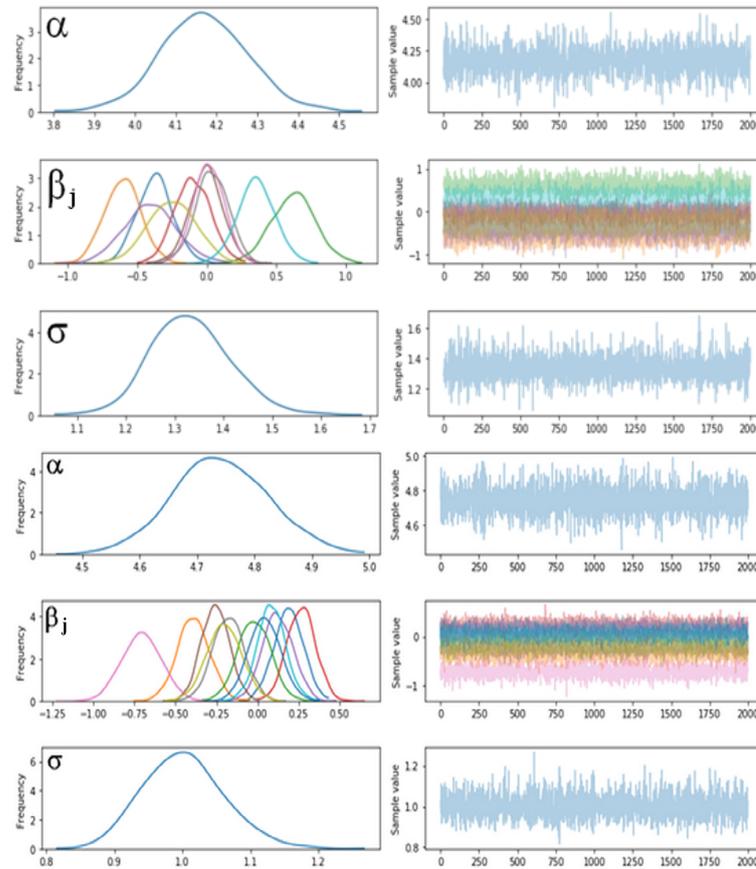


Figure 1. Gaussian FDP functions used in linear models parameters (left) randomly generated by Monte Carlo simulations, using values on the right (Piracicaba river – top, Paraiba do Sul river - bottom)
 Fonte: Authors own elaboration.

Graphically, the model also determines the meaning of the coefficients according to the Gaussian distributions as shown in Figure 2 (graphics generated by PyMC library, for better data visualization and understanding of the model). Tables 2 and 3 show the values generated in Figure 2, for Piracicaba and Paraiba do Sul rivers respectively, including the means, standard deviations, standard error of the Monte Carlo simulation, the lower and upper limits of 95% confidence interval, all referring to Gaussian functions σ by *forestplot* PyMC function (Figure 2).

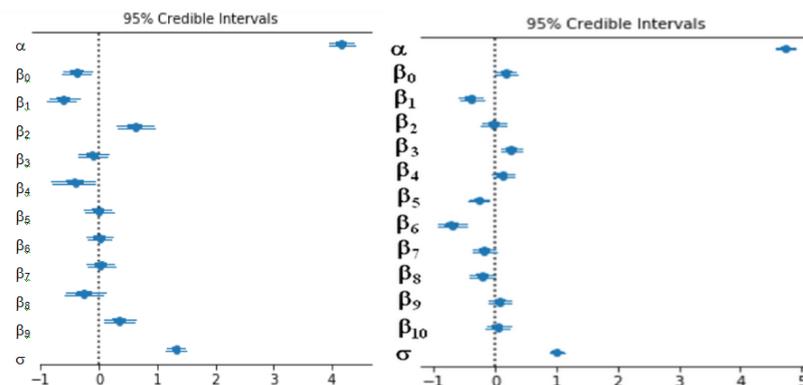


Figure 2. Mean values with error bars for to the coefficients used in the linear DO prediction model generated in Python by PyMC library (Piracicaba River – left, Paraiba do Sul River - right)
 Fonte: Authors own elaboration.

| | Mean | Std. Dev. | MC Error | Lower Lim. | Upper Lim. |
|-----------|--------|-----------|----------|------------|------------|
| α | 4.150 | 0.125 | 0.002 | 3.928 | 4.395 |
| β_0 | -0.355 | 0.133 | 0.002 | -0.604 | -0.112 |
| β_1 | -0.673 | 0.150 | 0.002 | -0.945 | -0.388 |
| β_2 | 0.647 | 0,171 | 0,003 | 0,322 | 0,967 |
| β_3 | -0.116 | 0,135 | 0,003 | -0,379 | 0,130 |
| β_4 | -0.383 | 0,196 | 0,003 | -0,767 | -0,026 |
| β_5 | 0.010 | 0,129 | 0,002 | -0,229 | 0,251 |
| β_6 | 0.019 | 0,121 | 0.001 | -0.193 | 0.261 |
| β_7 | 0.018 | 0.134 | 0.002 | -0.239 | 0.267 |
| β_8 | -0.268 | 0.187 | 0.003 | -0.596 | -0.101 |
| β_9 | 0.343 | 0.141 | 0.002 | 0.071 | 0.600 |
| σ | 1.401 | 0.093 | 0.001 | 1.239 | 1.590 |

Table 2 - Numerical values of the Bayesian model coefficients for Piracicaba river (Fig. 2 left)

Fonte: Authors own elaboration.

| | Mean | St. Dev. | MC Error | Lower Lim. | Upper Lim. |
|--------------|--------|----------|----------|------------|------------|
| α | 4.708 | 0.089 | 0.001 | 4.542 | 4.874 |
| β_0 | -0.013 | 0.103 | 0.001 | -0.213 | 0.170 |
| β_1 | -0.382 | 0.106 | 0.001 | -0.577 | -0.175 |
| β_2 | 0.242 | 0.095 | 0.001 | 0.058 | 0.420 |
| β_3 | 0.188 | 0.096 | 0.001 | 0.016 | 0.373 |
| β_4 | -0.692 | 0.127 | 0.002 | -0.931 | 0.453 |
| β_5 | 0.143 | 0.109 | 0.002 | -0.065 | 0.350 |
| β_6 | -0.214 | 0.104 | 0.001 | -0.405 | -0.202 |
| β_7 | 0.090 | 0.091 | 0.001 | -0.075 | 0.268 |
| β_8 | -0.239 | 0.093 | 0.001 | -0.408 | -0.060 |
| β_9 | 0.026 | 0.105 | 0.001 | -0.157 | 0.234 |
| β_{10} | -0.169 | 0.113 | 0.002 | -0.157 | 0.234 |
| σ | 1.028 | 0.066 | 0.001 | 0.910 | 1.156 |

Table 3 - Numerical values of the Bayesian model coefficients for Paraiba do Sul river (Fig. 2 right)

Fonte: Authors own elaboration.

Figure 2 allows assessing the importance of the contribution of each predictor variable X_j in the model as a function of its associated β_j coefficient. The further away from the vertical line of **zero**, the greater the contribution with positive or negative values of the predictive variables X_j . For example, to the Piracicaba River, the variables X_5 (NO_2^-), X_6 (NO_3^-) and X_7 (ammoniacal nitrogen) have a small contribution to the model output, i.e. DO, in relation to the variables X_0 (BOD), X_1 (water temperature) and X_2 (river flow), which have higher average values. These variables X_5 , X_6 and X_7 could even be removed from the model without significantly affecting the results. There is a similar behavior for the β_j coefficients for the Paraiba do Sul River. Figure 2 allows an individual assessment of each variable X_j and its importance for the model. This is a unique feature of the PyMC library.

Finally, the Bayesian model calculates the sample distribution of the Y results, in the data set, using a likelihood normal distribution function and mean parameter μ and standard deviation σ (eq. 2). Then, it estimates the posterior probability for the unknown DO variables in the model (generically, it calculates the distribution of probabilities of the coefficients, which are used to predict via the regression model, the unknown Y values for new values of the regressors \mathbf{X}). Optimization methods based on samples taken from the posterior distribution using Markov Chain Monte Carlo (MCMC) sampling are used - NUTS default method (modification of the Hamiltonian Monte Carlo) at PyMC library (Salvatier; Wiecki; Fonnesbeck, 2016).

In this work, 128 samples were used to calibrate the Piracicaba River, and 20 samples to predict DO values and obtained a RMSEp of 0.835 mg L^{-1} and a coefficient $R^2 = 0.6736$, when comparing the real values against those calculated, as shown in Figure 3. For the Paraíba do Sul River, 135 samples were used to calibrate the model and 20 samples to predict DO values and it obtained a RMSEp of 0.839 mg L^{-1} and a coefficient $R^2 = 0.7677$, when comparing the real values against those calculated, as shown in Figure 4. Silva e Schimdt (2016) obtained results very similar to this one, including the same dispersion of Figure 4, but using an artificial neural network back propagation model, for the same data. The dispersion observed in Figures 3 and 4 shows that a large majority of the calculated values are very close to the line and, within the expectation, they should have a low prediction error. There are also several values far from it contributing to the increase of the RMS error that could have been discarded in the construction of the model, but all original samples were used.

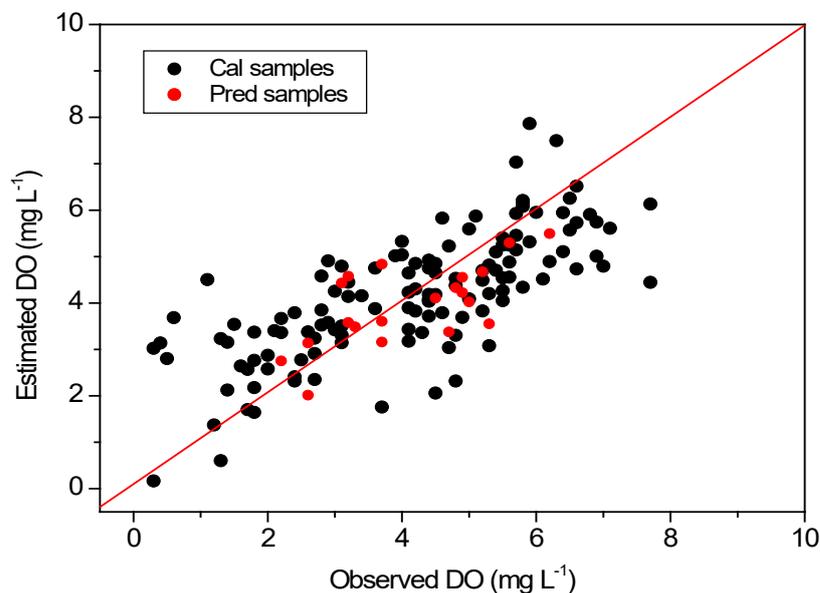


Figure 3. Dispersion of 148 samples in relation to the DO obtained from the Bayesian probabilistic model for the Piracicaba River, comparing the observed and the calculated values

Fonte: Authors own elaboration.

To compare the efficiency and robustness of Bayesian probabilistic models, some statistical parameters were compared (Table 4). The RMS calibration and prediction errors, in addition to the R^2 coefficient (R_{cal} and R_{pred}) between the predicted values by the models against the real values (Figures 3 and 4) and the application of a back propagation neural network to compare the same parameters. The architecture of the neural networks were built for the Piracicaba River was 10-5-1, and for the Paraíba do Sul River was 11-6-1. The number of neurons in the hidden layer is the meaning

of the neurons in the sum of input and output layers (Heaton, 2011). The box plot of residuals from the BPM models are described at <https://github.com/Schimidt99/Bayesian-probabilistic-model>.

| | BPM model | | ANN model | | PyCaret library | |
|-----------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| | Piracicaba River | Paraiba do Sul River | Piracicaba River | Paraiba do Sul River | Piracicaba River | Paraiba do Sul River |
| RMSEc (mg L-1) | 1.330 | 0.972 | 1.403 | 1.222 | 1.327 | 0.844 |
| RMSEp (mg L-1) | 0.835 | 0.839 | 0.855 | 1.05 | 1.326 | 0.984 |
| Rcal | 0.7067 | 0.7686 | 0.6825 | 0.6538 | 0.4524 | 0.6194 |
| Rpred | 0.6736 | 0.7677 | 0.6305 | 0.7017 | 0.4521 | 0.5140 |

Table 4 - Comparative statistical results between the models
 Fonte: Authors own elaboration.

Results show that the RMS errors and the R coefficients for the Bayesian model and for the neural network are similar (Table 4). Considering that every neural network has several initialization parameters, and all must be adjusted, mainly to avoid problems of underfitting and overfitting, the Bayesian model can be built and adjusted in a much simpler and faster way, in relation to an artificial neural network. The models chosen by the PyCaret library, using the same proportion of samples for training/prediction, presented bad results for the statistical parameters evaluated in both ‘modern’ optimized models, mainly the R coefficient. The best models optimized were Random Forest Regressor, for data from the Piracicaba River, and Extra Tree Regressor, for data from the Paraiba do Sul River.

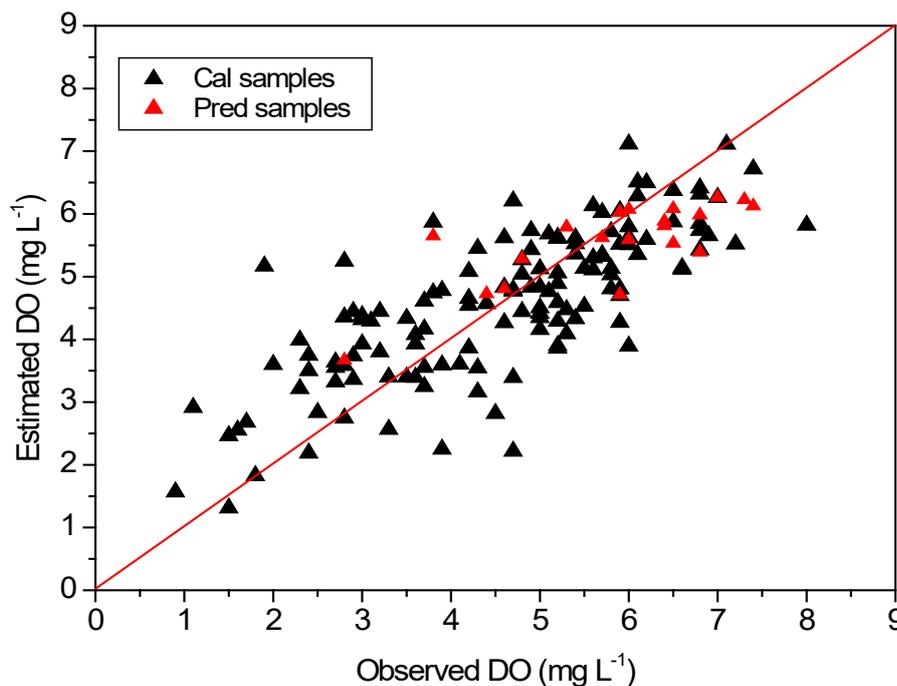


Figure 4. Dispersion of 155 samples in relation to the DO obtained from the Bayesian probabilistic model for the Paraiba do Sul River, comparing the observed and the calculated values
 Fonte: Authors own elaboration.

The prediction errors obtained by the Bayesian probabilistic model are equivalent to other works done with artificial neural networks. Khani e Rajaei (2017) studied the DO concentration in a river, testing several mathematical models, including some neural networks with peculiar algorithms and obtaining RMS prediction errors of 0.744 mg L⁻¹ and 0.803 mg L⁻¹. Chen e Liu (2014) studied the water quality of reservoirs in Taiwan through DO concentration. They obtained RMS prediction errors from 0.52 to 0.98 mg L⁻¹ among the different neural networks' algorithms. Antanasijević et al. (2013) studied different algorithms of neural networks to predict DO concentration in the Danube River in Serbia. They obtained RMS prediction errors from 0.59 to 0.83 mg L⁻¹ among the tested algorithms. Khan e Valeo (2017) did two regression models, a Bayesian linear and a fuzzy linear, which were constructed for different scenarios. They used an autoregressive model to uncertainty quantification in DO prediction at Bow River in Calgary, Canada, using only DO historic data. They obtained Mean Squared Errors from 0.55 to 36.5 mg L⁻¹ among the two tested models.

Another non-linear environmental data was tested: a BPM model for concentration of benzene in air, measured by electronic nose sensors, as monitoring air pollution (De Vito, 2008), it was also constructed with very good results, RMSEp of 0.584 µg m⁻³ and R coefficient of 0.9961. The 826 samples were used to calibrate the model and 50 samples for prediction/testing, which are detailed in the Supplementary Material. All full Bayesian models developed in Python can be accessed at <https://github.com/Schimidt99/Bayesian-probabilistic-model>.

In both models for the two rivers studied, there is a great mathematical contribution of the input variables BOD, water temperature and river flow, in the relationship with DO. According to Ross and Stock (2019) and Emamgholizadeh et al. (2014), the variables BOD and water temperature are important environmental parameters that affect the direct measurement of DO in a river. The influence of water temperature on the dissolution of gases is also well known (Ross; Stock, 2019; Manaham, 2013). Other variables used in the models showed different importance for each of the rivers, probably due to the specific characteristics of each river, geographic location and the soil characteristics (chemical composition).

Conclusion

The Python programming language in conjunction with its mathematical packages provides powerful tools for data modeling. One of the significant advantages of Bayesian regression is its ability to provide uncertainty estimates along with predictions, for example, by previously choosing values for the standard deviation σ (eq. 2). Traditional regression models, including neural networks, often output a point estimate without any indication of the confidence or uncertainty associated with the prediction. Bayesian models, on the other hand, provide a probability distribution over possible parameter values, allowing for a more nuanced understanding of uncertainty. Bayesian models can be easily adapted to different problem settings by choosing appropriate prior distributions. This makes them flexible and suitable for a wide range of applications. Finally, Bayesian models naturally incorporate regularization through the choice of prior distributions. This regularization helps prevent problems with overfitting situations.

Mathematical statistical models associated with Bayesian inferences can be applied to the water quality analysis of a river, allowing to relate time series information from analyzed variables with the water quality. The PyMC library is easier and simpler

to use than other equivalent languages such as WinBUGS, JAGS and Stan. This library allows a simple and fast visualization of the results through its own graphs, tables and the export of the same in TXT or CSV files. Based on the results above, we can say that the Bayesian probabilistic model allows us to analyze how each input variable X_j relates to (affects) the output Y (Figure 2). This is not possible in other multivariate models, except for the Principal Component Analysis (PCA) where the detailed study of the *loadings* can allow these observations. The use of these Bayesian probabilistic models in water quality studies could allow the visualization of extreme changes due to severe climate processes or anthropogenic activities (simulating different probability distributions of variables) and consequently changes in prediction of the results. Although the models used in this paper all have variables with gaussian distribution, the probabilistic programming of the PyMC library allows other distributions to be used, not being limited only to gaussian processes. Knowledge of the behavior of the variables helps in this step. It is possible to study the temporal variation of the variable to be analyzed. A histogram of the distribution (range of values) of the variable X_j as a function of the frequency count of the values must be constructed. The distribution of the values will make it possible to identify the most appropriate PDF, although other processes to do this can be used. The physico-chemical parameters of the existing Brazilian environmental legislation by Conama, and any other control agencies in the world, could be followed in real time, as well as projections through predictions of anomalous situations. The models would allow predictions about the concentration of dissolved oxygen (based on other physico-chemical parameters analyzed in the water) and even projections of strategies to minimize the cost of water quality treatment and to mitigate situations of resource degradation, contamination and preservation.

References

- ANA (Agência Nacional de Águas). *Hidroweb Mobile*, [s. l.], 2023. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb-mobile/mapa>. Acesso em: nov. 2023.
- ANACONDA. *Anaconda Distribution*, [s. l.], 2023. Disponível em: <https://www.anaconda.com/download>. Acesso em: nov. 2023.
- ANTANASIJEVIĆ, D.; POCAJT, V.; POVRENOVIĆ, D.; PERIĆ-GRUJIĆ, A.; RISTIĆ, M. Modelling of dissolved oxygen content using artificial neural networks: Danube River, North Serbia, case study. *Environmental Science and Pollution Research*, [s. l.], v. 20, p. 9006-9013, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1876-6>.
- BAIRD, C.; CANN, M. *Química Ambiental*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). *InfoÁguas*, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/infoaguas/>. Acesso em: nov. 2023.
- CHEN, W. B.; LIU, W. C. Artificial neural network modeling of dissolved oxygen in reservoir. *Environmental Monitoring and Assessment*, [s. l.], v. 186, n. 2, p. 1203-1217, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3450-6>.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). *Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2012. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/images/conteudo/LivroConama.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2023.

DAVIDSON-PILON, C. *Bayesian Methods for Hackers: Probabilistic Programming and Bayesian Inference*. Crawfordsville: Addison-Wesley, 2016.

DE VITO, S.; MASSERA, E.; PIGA, M.; MARTINOTTO, L.; DI FRANZIA, G. CO, NO₂ and NO_x urban pollution monitoring with on-field calibrated electronic nose by automatic Bayesian regularization. *Sensors and Actuators B: Chemical*, [s. l.], v. 143, n. 1, p. 182-191, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2009.08.041>.

DE VITO, S.; MASSERA, E.; PIGA, M.; MARTINOTTO, L.; DI FRANZIA, G. On field calibration of an electronic nose for benzene estimation in an urban pollution monitoring scenario. *Sensors and Actuators B: Chemical*, [s. l.], v. 129, n. 2, p. 750-757, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2007.09.060>.

EMAMGHOLIZADEH, S.; KASHI, H.; MAROFPOOR, I.; ZALAGHI, E. Prediction of water quality parameters of Karoon River (Iran) by artificial intelligence-based models. *International Journal of Environmental Science and Technology*, [s. l.], v. 11, p. 645-656, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13762-013-0378-x>.

GRAF, R. Distribution Properties of a Measurement Series of River Water Temperature at Different Time Resolution Levels (Based on the Example of the Lowland River Notec, Poland). *Water*, [s. l.], v. 10, p. 203-210, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/w10020203>.

HEATON, J. *Programming Neural Networks with Encog3 in C#*. 2. ed. Chesterfield: Heaton Research Inc, 2011.

KENNARD-STONE Algorithm. *Nirpy Research*, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://nirpyresearch.com/kennard-stone-algorithm/>. Acesso em: nov. 2023.

KHAN, U. T.; VALEO, C. Comparing A Bayesian and Fuzzy Number Approach to Uncertainty Quantification in Short-Term Dissolved Oxygen Prediction. *Journal of Environmental Informatics*, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 1-16, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3808/jei.201700371>.

KHANI, S.; RAJAEI, T. Modeling of Dissolved Oxygen Concentration and Its Hysteresis Behavior in Rivers Using Wavelet Transform-Based Hybrid Models. *Clean Soil Air Water*, [s. l.], v. 45, n. 2, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/clen.201500395>.

LYON, A. Why are Normal Distributions Normal?. *The British Journal for the Philosophy of Science*, [s. l.], v. 65, p. 621-649, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/bjps/axs046>.

MANAHAM, S. E. *Química Ambiental*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MARTIN, O. *Bayesian Analysis with Python*. Birmingham: Packt Publishing, 2016.



MC ELREATH, R. *Statistical Rethinking: A Bayesian Course with Examples in R and Stan*. New York: Chapman and Hall/CRC, 2015. 483 p.

DOCUMENTAÇÃO. *PyCaret Library*, [s. l.], 2023. Disponível em: <https://pycaret.gitbook.io/docs/get-started/tutorials>. Acesso em: 27 nov. 2023.

QIAN, S. S.; RECKHOW, K. H.; ZHAI, J.; MCMAHON, G. Nonlinear regression modeling of nutrient loads in streams: A Bayesian approach. *Water Resources Research*, [s. l.], v. 41, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1029/2005WR003986>.

ROSS, A. C.; STOCK, C. A. An assessment of the predictability of column minimum dissolved oxygen concentrations in Chesapeake Bay using a machine learning model. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, [s. l.], v. 221, p. 53-65, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.03.007>.

SALVATIER, J.; WIECKI, T. W.; FONNESBECK, C. Probabilistic programming in Python using PyMC3. *PeerJ Computer Science*, [s. l.], v. 2, e55, 2016. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.55>.

SILVA, S. R.; SCHIMIDT, F. Reduction of Artificial Neural Network Input Variables from Principal Component Analysis Data in Dissolved Oxygen Modeling. *Química Nova*, São Paulo, v. 39, p. 273-278, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20160024>.

VON SPERLING, M. *River Water Quality Studies and Modeling*. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

WOOLEY, J. C.; LIN, H. S. (eds.). *Catalyzing Inquiry at the Interface of Computing and Biology*. Washington (DC): National Academies Press (US), 2005.

Submetido 12/11/2023. Aprovado 23/03/2024

Avaliação: revisão duplo-anônimo

Análise da perspectiva popular dos impactos causados por pedreira em área urbana do Espírito Santo

ANALYSIS OF THE POPULAR PERSPECTIVE OF THE IMPACTS CAUSED BY A QUARRY IN AN URBAN AREA IN ESPÍRITO SANTO TITLE: HERE COMES THE TITLE IN ENGLISH

ANÁLISIS DE LA PERSPECTIVA POPULAR DE LOS IMPACTOS CAUSADOS POR UNA CANTERA EN UN ÁREA URBANA DE ESPÍRITO SANTO

Hemilly Barbosa de Oliveira Piantavinha

Faculdade Capixaba da Serra
hemillyoliveira@aluno.multivix.edu.br

Daniele Ortelan Fanchiotti

Faculdade Capixaba da Serra
danielefanchiotti@aluno.multivix.edu.br

Vitor Lucas Barbosa Ramos

Faculdade Capixaba da Serra
vitorramos@aluno.multivix.edu.br

Natan Sian das Neves

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
natan.neves@coc.ufrj.br

Resumo

Desde o período neolítico, onde se deu o início de agrupamento de pessoas e a criação de povoados até a atualidade com a urbanização, nota-se que a escolha do local para a instalação de novos bairros ou cidades leva em consideração vários critérios, por exemplo, a facilidade de acesso a insumos de uso recorrente. A partir dessa máxima, é esperado haver uma procura maior por terras localizadas próximas aos locais de instalação de grandes empresas capazes de gerar fontes de renda. Todavia, quando se trata de pedreiras, essa proximidade traz consigo as desventuras de lidar com os impactos gerados nos perímetros urbanos, como volume de poeira suspensa na atmosfera ou vibrações excessivas. O objetivo deste trabalho é apresentar os principais impactos provenientes da detonação de rochas e pontuar quais desses são percebidos pelos moradores residentes do bairro Pitanga, em Serra, ES, localizado perto de uma pedreira em atividade. Para tanto, é realizada uma pesquisa de campo acerca da perspectiva popular dos impactos causados pela pedreira. O levantamento de dados é feito por entrevista direta com a comunidade local, com base em um questionário envolvendo questões sobre patologias, aspectos socioeconômicos e a relação direta entre a proximidade da pedreira e a população. Em síntese, os resultados mostram, em relação a uma perspectiva popular da comunidade local estudada, possíveis consequências nas áreas próximas à pedreira. Entretanto, fica inviável concluir pela responsabilidade exclusiva da pedreira pelos impactos negativos gerados, sendo necessário um estudo mais minucioso e abrangente.

Palavras-chave: impacto; pedreiras; vibração; poeira.

Abstract

From the Neolithic period, where the grouping of people and the creation of settlements began to the present with urbanization, it is noted that the choice of location for the building of new neighborhoods or cities takes into account several criteria, for example, ease of access to frequently used inputs. From this maximum, it is expected that there will be a greater demand for land located close to the installation sites of large companies capable of generating sources of income. However, when it comes to quarries, this proximity brings with it the misadventures of dealing with the impacts generated in urban perimeters, such as the volume of dust suspended in the atmosphere or excessive vibrations. The objective of this work is to present the main impacts arising from the detonation of rocks, and to point out which of these are perceived by residents of the Pitanga neighborhood, in Serra-ES, located close to an active quarry. To this end, field research is carried out on the popular perspective of the impacts caused by the quarry. Data collection is carried out through direct interviews with the local community based on a questionnaire involving questions about pathologies, socioeconomic aspects and the direct relationship between the proximity of the quarry to the population. In summary, the results show, in relation to a popular perspective of the local community, possible consequences in areas close to the quarry. However, it is impossible to conclude that the quarry is exclusively responsible for the negative impacts generated, requiring a more detailed and comprehensive study.

Keywords: impact; quarries; vibration; dust.

Resumen

Desde el Neolítico donde se inició la agrupación de pueblos y la creación de asentamientos hasta la actualidad con la urbanización, se observa que la elección del lugar para la instalación de nuevos barrios o ciudades toma en cuenta varios criterios, por ejemplo, la facilidad de acceso a insumos de uso frecuente. A partir de ese máxima, se espera que exista una mayor demanda de terrenos ubicados cerca de los sitios de instalación de grandes empresas capaces de generar fuentes de ingresos. Sin embargo, cuando se trata de canteras, esta proximidad trae consigo las desventajas de afrontar los impactos generados en los perímetros urbanos, como el volumen de polvo suspendido en la atmósfera o las vibraciones excesivas. El objetivo de este trabajo es presentar los principales impactos derivados de la detonación de rocas, y señalar cuáles de ellos son percibidos por los vecinos del barrio de Pitanga, en Serra-ES, situado cerca de una cantera activa. Para ello se realiza una investigación de campo desde la perspectiva popular de los impactos provocados por la cantera. La recolección de datos se realiza a través de entrevistas directas a la comunidad local a partir de un cuestionario que involucra preguntas sobre patologías, aspectos socioeconómicos y la relación directa entre la cercanía de la cantera con la población. En resumen, los resultados muestran, en relación a una perspectiva popular de la comunidad local estudiada, posibles consecuencias en zonas cercanas a la cantera. Sin embargo, es imposible concluir que la cantera sea la única responsable de los impactos negativos generados, requiriendo un estudio más detallado y completo.

Palabras clave: impacto; canteras; vibración; polvo.

Introdução

A rocha pode ser definida como um agrupamento natural de um ou mais minerais e constitui uma grande parte da crosta terrestre, que pode se tratar de vidro vulcânico ou mesmo de matérias orgânicas. Na construção civil, por causa da sua alta resistência mecânica, os materiais rochosos são amplamente utilizados em diferentes tipos obras, por exemplo, em forma de brita para o concreto, em bancadas, pisos e

acabamentos internos, e até mesmo na ornamentação das edificações, ou seja, uma infinidade de formas para se utilizar esse material tão versátil.

Segundo Bacci, Landim e Eston (2006), é natural que as pedreiras sejam localizadas próximas à área urbana, principalmente em áreas emergentes, pois, pela proximidade, os custos agregados com transporte são reduzidos. Contudo, eles ressaltam ainda que o perigo se encontra na falta de planejamento urbano, que permite habitações perto dessas pedreiras. Essa ocorrência também pode ser influenciada pela facilidade de acesso dos colaboradores à área de desmonte de rochas quando residem próximo ao local de trabalho, e toda necessidade de infraestrutura que o empreendimento exige.

Apesar da versatilidade e da abundância das rochas, sua extração com explosivos pode ter impactos danosos à saúde e ao bem-estar tanto dos operadores que atuam em sua extração quanto da população circunvizinha dessa mineradora. Segundo Cabral, Pereira e Alves (2012), dentre os impactos negativos gerados pela atividade de mineradoras, pode-se citar: poluição sonora, perturbação da vizinhança, geração e propagação de ondas sísmicas no terreno e no ar – responsáveis pelas patologias estruturais observadas nas residências próximas ao local –, geração de poeira e emissão de gases.

Em seu artigo que correlaciona a poluição ambiental e a alergia respiratória, Croce e Manso (1998) explicam como é prejudicial à saúde humana o contato frequente com partículas “não determinadas” respiráveis e com os gases. O estudo afirma que foi observado que pessoas expostas às partículas respiráveis se tornavam mais suscetíveis à irritação nasal e de garganta, bronquites, infecções respiratórias e possíveis evidências do aumento na incidência de câncer de pulmão. A exposição aos gases, por sua vez, pode prejudicar a função respiratória, causando fadiga e dor torácica. Além disso, notou-se que em crianças expostas a certos gases, como NO e NO², há o aumento de infecções.

Sabendo dos possíveis prejuízos aos quais os moradores ao redor de pedreira estão expostos, assim como relatou Lopes e Martins (2017), ao argumentarem que a fragmentação das rochas causa ondas sísmicas e um grande volume de poeira nas redondezas da pedreira, o trabalho proposto pretende avaliar, por meio de uma pesquisa de campo, como esses residentes têm sido afetados em sua saúde e em suas edificações.

O estudo do impacto das atividades de uma pedreira em áreas urbanas torna-se um assunto importante nos parâmetros atuais, uma vez que se busca avaliar/quantificar os principais efeitos causados em regiões próximas à pedreira relacionados aos aspectos ambientais, sociais, patrimoniais e ao bem-estar/qualidade de vida da população circunvizinha. Sendo assim, diversas pesquisas científicas fomentam as análises e investigações das atividades associadas à mineração e seus impactos. Dentre os estudos relevantes na literatura, Bacci, Landim e Eston (2006) realizaram uma avaliação dos aspectos e impactos ambientais gerados por uma pedreira de diabásio, situada no município de Campinas, SP. Os autores afirmam que os impactos adversos mais significativos levantados na pesquisa foram a sobrepressão atmosférica e a vibração do terreno, que causam desconforto à comunidade. A partir dos levantamentos, algumas ações de melhoria foram implantadas pela empresa e resultaram na diminuição das reclamações por parte da comunidade. Os autores destacam ainda outras medidas proativas que podem ser incorporadas nas atividades da pedreira, visando diminuir os impactos, como monitoramento contínuo, manutenção dos registros dos planos de fogo, treinamento e relacionamento com a comunidade.

Sergeant *et al.* (2016) desenvolveram uma metodologia para avaliar o impacto socioeconômico da presença e do colapso de pedreiras subterrâneas de calcário. A

metodologia foi aplicada a uma aldeia de estudo de caso Riemst, na Bélgica, mas os autores afirmam que pode ser aplicada a outras regiões do mundo que enfrentam problemas de colapsos de pedreiras subterrâneas. Dentre os resultados obtidos, os autores concluem que a presença e o colapso de pedreiras subterrâneas têm um impacto socioeconômico significativo, os danos econômicos podem ser atribuídos à perda de valores imobiliários. Além disso, as pedreiras também geram benefícios sociais, valores recreativos (turísticos), histórico-culturais e ecológicos. Os autores fizeram uma pesquisa de campo (entrevista) com os habitantes locais que revelou que os danos psicológicos relacionados com a presença de pedreiras em Riemst são bastante pequenos. Os habitantes estão conscientes do perigo potencial das pedreiras, no entanto, quando foi solicitado aos moradores que indicassem o quanto temem que algo aconteça realmente com a sua propriedade, 82,2% dos entrevistados responderam que não temiam nada disso. Consequentemente, o dano psicológico parece ser limitado em geral. Isso pode ser explicado analisando as razões pelas quais as pessoas vivem perto ou acima de uma pedreira. A maioria dos entrevistados nasceu em Riemst e cresceu com as pedreiras e os perigos potenciais, e alguns deles ainda vivem na casa dos pais.

Escavy *et al.* (2022) estudaram a localização das pedreiras que abastecem a procura de agregados da região de Madri no período 1995-2018. O estudo realizado comprovou o distanciamento progressivo das pedreiras e até a deslocalização de parte da produção para províncias vizinhas. Os autores estimaram os quilômetros percorridos em excesso em razão do distanciamento e das emissões de CO₂ associadas. Apesar da opinião geral de que o fenômeno de oposição social foi a causa do distanciamento das pedreiras das áreas de procura, os autores afirmam que foi verificado que o principal motivo no caso da região de Madri não é a oposição de cidadãos, mas sim uma combinação de fatores demográficos e diferentes restrições à utilização dos solos.

Dentoni *et al.* (2023) discutiram a integração de um indicador associado ao nível de impacto visual em um modelo de avaliação da paisagem abrangente, que incluiu as três etapas sucessivas do procedimento de avaliação de impacto visual: análise de percepção, estimativa do impacto visual e avaliação do impacto visual. O procedimento de avaliação proposto pelos autores foi aplicado a uma pedreira de materiais inertes localizada na Sardenha (Itália) para destacar e discutir as implicações práticas do procedimento proposto e as suas limitações inerentes. Os autores defendem que a metodologia utilizada no trabalho pode auxiliar na avaliação de impacto visual com os procedimentos de avaliação normalmente implementados para estimar o efeito de outros fatores de impacto (ruído, vibrações, emissão de poluentes, uso de recursos naturais etc.) sobre diferentes componentes ambientais (ar, água, solo, saúde pública etc.), favorecendo a superação de controvérsias geradas por abordagens qualitativas e subjetivas.

Muriki, Wambugu e Obando (2024) desenvolveram um estudo visando avaliar a relação entre a mineração de pedreiras e os impactos ambientais no sul de Igembe, condado de Meru (Quênia). Os dados foram coletados usando notas dos participantes para detectar problemas relacionados à mineração, além disso também foi feita uma pesquisa de campo por meio de questionário. Os resultados obtidos estabeleceram que as atividades mineiras danificaram as terras de Igembe, reduzindo a produção de alimentos e a procura agrícola, bem como poluindo o abastecimento de água na área, incluindo riachos contaminados. Poluição e ruído estão presentes na área, e os moradores conhecem as consequências ambientais da mineração. A investigação demonstra que a mineração tem um impacto no ambiente, no bem-estar social e econômico da comunidade. Em síntese, os autores relatam a necessidade de algumas

medidas de mitigação dos impactos, como a reflorestação, revisão dos métodos de operação e fornecimento de alternativas às áreas afetadas.

Opondo, Ajayi e Makindi (2022) realizaram um estudo para avaliar os impactos das atividades de extração no ambiente e nos meios de subsistência das pessoas. Os dados primários foram recolhidos por meio de questionários, entrevistas com informadores-chave, discussão em grupos focais, análises laboratoriais e observações. Já os dados secundários foram obtidos de imagens do satélite Landsat, periódicos, artigos, livros e relatórios. A análise da alteração do uso/cobertura do solo a partir das imagens de satélite da área mostrou que as terras das pedreiras aumentaram 5,2 Ha (0,26%). As atividades de extração na área foram consideradas como tendo impactos positivos e negativos na subsistência das pessoas e no ambiente. Alguns dos problemas ambientais mais sérios foram: poluição por poeira (82%), ruído (76%), degradação do solo (74%), perda de vegetação (60%) e vibração (52%). E também considera-se que os impactos socioeconômicos negativos foram: rachaduras em construções (54%), ferimentos (36%), abandono escolar (35%), danos nas estradas (33%), trabalho infantil (31%) e efeitos nas colheitas (30%).

Além disso, 45% dos residentes da área e 44% dos trabalhadores das pedreiras tiveram problemas de saúde relacionados com as atividades extrativas. No entanto, houve uma relação significativa entre as atividades extrativas e os problemas ambientais e de saúde humana na área. Os impactos positivos identificados são: emprego, melhoria de estradas, segurança, materiais de construção, oportunidades de negócios, entre outros. Para mitigar os impactos negativos, os autores recomendam que os operadores das pedreiras desenvolvam e implementem um plano de gestão ambiental e social, incluindo compensação justa para as pessoas afetadas pelo projeto, realocação das residências perto do local, controle da poluição ambiental, participação pública, redução das atividades de detonação e rigoroso cumprimento e aplicação das políticas.

Domingues *et al.* (2020) analisaram o impacto da extração na saúde e na percepção das comunidades vizinhas. Uma pesquisa por questionário padrão foi realizada para coletar dados de vizinhos de pedreiras em um bairro residencial localizado na cidade de Lavras, MG. As residências foram distribuídas de acordo com a proximidade de uma pedreira, resultando em três distâncias divididas por três raios igualmente distantes, denominadas: Área I (mais perto da pedreira, a 630 m), Área II (730 m) e Área III (mais distante da pedreira, a 830 m). Os dados coletados de 177 moradores foram analisados por meio de modelos de regressão logística. Os resultados indicaram diferenças significativas entre as Áreas I e III e, como esperado, as perturbações diminuiriam à medida que a distância da empresa exploradora aumentava. Os autores afirmam que os moradores da Área III foram os que responderam mais favoravelmente às atividades extrativas, sendo o ruído a principal reclamação nas três áreas. O número de moradores que reclamaram de ruído foi de 91,77% e 63% para as Áreas I, II e III respectivamente. Os autores concluíram que o método empregado pode ser utilizado satisfatoriamente para avaliações de impacto nas vizinhanças, considerando experiências pessoais, percepção humana e efeitos sazonais.

Nesse contexto, o presente trabalho visa discorrer sobre os principais impactos gerados por pedreiras localizadas em meio urbano, além de analisar e expor os principais impactos estruturais e físicos notados exclusivamente pelos moradores do bairro Pitanga, em Serra, ES, tendo como provável causa a proximidade com a pedreira situada perto da entrada do bairro. Para tanto, realizou-se um estudo amostral, considerando a distância entre as residências e a pedreira. A distância da empresa e da residência, em conjunto com os dados coletados, são utilizados para quantificar

a satisfação dos residentes e a percepção da intensidade da atividade extrativa e do seu impacto.

Referencial teórico

A extração e o beneficiamento das rochas fundamentam o processo de mineração, que é um passo importante no que se diz respeito ao estudo de impactos gerados por pedreiras em perímetros urbanos. Isso porque, a partir da ciência desse processo, pode-se perceber os prováveis impactos gerados durante e após a extração dos recursos. Segundo Agundes, Fagundes e Barum (2021), podemos definir alguns passos para iniciar a mineração, que consistem em uma sondagem informal sobre o local onde se pretende extrair a rocha e, constatado o interesse, deve ser solicitada uma licença de exploração à Agência Nacional de Mineração (ANM). Após a autorização da ANM, a empresa interessada realiza uma pesquisa técnica com o intuito de atestar se o local é ou não viável para a exploração.

Sendo assim, tendo sido atestada a viabilidade de exploração, chega a hora de definir qual será o tipo de extração realizada e, apesar de haver várias formas de ser feita, a mais comum é a lavra, que pode ser feita ao ar livre, de forma subterrânea e de matacão. A lavra de céu aberto é comumente usada para a extração de materiais que serão empregados na construção civil, como rochas ornamentais e as rochas britadas usadas na composição do concreto. Para as minas que lavram as rochas ao ar livre, é dado o nome popular de “pedreira”. Sousa (2015) relata que as rochas extraídas são classificadas em dois grupos: as rochas industriais (e.g., calcários, areias e britas) e as rochas ornamentais (e.g., mármore e granitos).

Segundo Silva, Selegim e Kawame (2019), o processo de britagem, que é o mesmo que ocorre na pedreira estudada, é feito utilizando explosivos que são colocados nas jazidas de pedra em orifícios previamente perfurados e são detonados para desprender os fragmentos de rocha. Esses fragmentos de rocha são submetidos a britadores que diminuem sua granulometria até o tamanho desejado pela empresa. A Figura 1 mostra, de forma simples, o processo de britagem que acontece em uma pedreira.

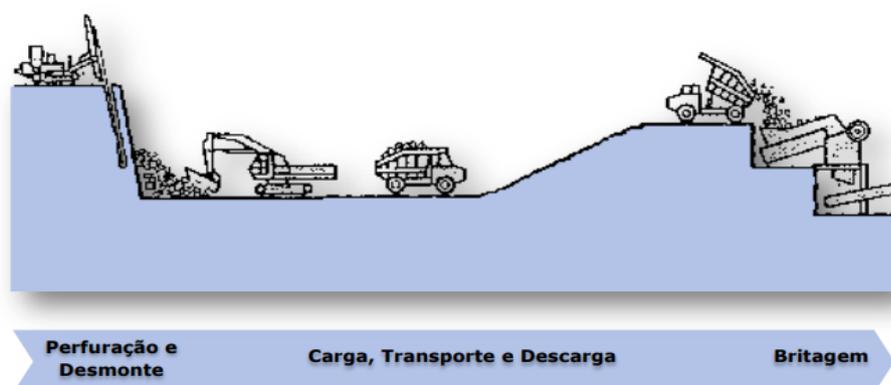


Figura 1 - Ilustração do processo de britagem de rochas

Fonte: Bernardo (2013).

Ao analisar as etapas de beneficiamento das rochas, percebe-se que o ruído proveniente da explosão é um fator desfavorável aos residentes no entorno. Enquanto o som é definido como ocorrência de vibrações de partículas do ar que são transmitidas

por meio de estruturas vibrantes. Segundo Sousa (2015), ruído é o nome dado ao som indesejado que causa incômodos, que impossibilita a concentração e/ou comunicação, e que, em situações mais graves, pode ter efeito nocivo à saúde de seu receptor. Além disso, o autor afirma que no geral, a partir de 20 micro pascal em variação de pressão sonora, o ouvido humano já passa a detectar o som e, ao chegar próximo a 100 pascal de variação de pressão sonora, alcança-se o máximo suportado pelos humanos, ou seja, o limite da dor (Sousa, 2015).

Bistafa (2018) cita que a exposição a altos ruídos de forma constante pode gerar efeitos nocivos e indesejáveis à audição, inclusive a perda da audição de forma irreversível, além de outros sintomas, como o aumento da pressão arterial, a irritação por causa da interferência na comunicação oral e os incômodos com efeitos psicológicos – estresse, tensão, perturbação do sono e, por conta disso, até mesmo um declínio no desempenho geral. Além disso, nota-se que o ruído pode influenciar na escolha do consumidor, que tende a realizar melhores compras em um ambiente mais silencioso do que em ambientes ruidosos. Bistafa (2018) sugere o uso da lei de Fechner-Weber (ver Equação 1) para descrever a sensação humana aos estímulos físicos (S) e dentre eles a sensação referente ao ruído.

$$S = k \text{ Log } \text{Log } \frac{E}{E_0} \quad (1)$$

Nesse caso, é a resposta ao estímulo, é a constante de Weber que deve ser encontrada experimentalmente e que varia entre zero e um, é a intensidade de um estímulo sensorial e, por fim, é o valor mínimo de estímulo sentido. O autor explica que, a partir da Equação 1, é possível revelar a relação existente entre o estímulo provocado e a sensação logarítmica, ou seja, que o estímulo exercido deve variar em progressão geométrica para que a sensação provocada seja em progressão aritmética. Tal fórmula foi desenvolvida levando em consideração os efeitos causados pela sensação de peso, contudo, posteriormente, percebeu-se que, dentro de certos limites, ela poderia também ser usada para mensurar a sensação de luminosidade e a sensação sonora.

Além disso, Bistafa (2018) detalha o tema do incômodo com ruídos e diz que os pesquisadores sofrem com muita dificuldade em avaliá-los quantitativamente, isso porque se trata de um atributo de extrema subjetividade, que depende de vários fatores, como audibilidade do ouvinte, potencial intrusivo, aceitação de tal ruído e da perturbação causada por ele. Por esse motivo, a maneira mais comum de medir a sensação de incômodo é a partir de parâmetros físicos, por exemplo, níveis sonoros, existência de tons puros, duração do ruído e amplitude sonora. Por conta da dificuldade de mensurar objetivamente o incômodo, foi necessário o desenvolvimento de uma grandeza psicoacústica chamada ruidosidade percebida. A ruidosidade percebida é medida na unidade “noy”, que varia entre 2, 4, 10 e 20, fazendo com que a sensação do incômodo do ruído possa ser expressa em uma escala linear.

Um segundo fator de desconforto à população circunvizinha se dá pelos efeitos da vibração e da sobrepressão, que ocorrem em virtude da reflexão das ondas sísmicas em faces livres, que fazem com que parte da energia de detonação seja transmitida similarmente a um pulso no ar. Bacci, Landim e Eston (2006) relatam que esse fenômeno causava um reflexo na estrutura das residências de entorno à pedreira que estudaram, o que fazia com que, desde as paredes, janelas e até mesmo os objetos no interior das residências no entorno da pedreira, sofressem vibrações que levavam os moradores a se assustarem e a responsabilizar a pedreira pelas trincas e rachaduras observadas em suas residências.

Enquanto Fontanelli *et al.* (2015) retratam em seu estudo os resultados obtidos a partir da averiguação *in loco*, realizada em Caieiras, Caçapava do Sul, acerca dos impactos referentes à vibração da pedreira ali presente. Para tal estudo, eles se muniram das normas NRM-16 do DNPM, que estabelecem os limites máximos de segurança para níveis de ruídos e vibrações ao se usar explosivos na exploração mineral, além dos parâmetros referentes ao transporte, armazenamento e manuseio de explosivos. Também fizeram uso da NBR 9653 (ABNT, 2018), que regulamenta os níveis máximos de vibração do solo e de ruído. Segundo a NBR 9653, foram estabelecidos os parâmetros limites de segurança para os efeitos causados pelo uso de explosivos, que têm como critério de dano adotado a velocidade de pico de partículas. A partir dos experimentos realizados, chegou-se à conclusão de que a quantidade de explosivos utilizada no desmonte tem relação direta com o aumento ou a diminuição da vibração e que, com a utilização de acessórios adequados, é possível programar a detonação, a fim de obter um controle de tais vibrações. Ainda, concluiu-se que no geral a pedreira se manteve dentro dos limites estabelecidos pela NBR 9653 e que a ocorrência de uma ultrapassagem do limite deveu-se ao fenômeno de cargas cooperativas. Desse modo, em termos gerais, a confusão causada ao responsabilizar a pedreira pelos impactos em nível estrutural estava mais relacionada à sensação da sobrepressão e não necessariamente à vibração.

É válido lembrar que, segundo a NBR 9653 (ABNT, 2018), o limite máximo de sobrepressão aceito é de 134 dB. Já em relação aos limites de vibração, a NBR 9653 (ABNT, 2018) dispõe que esse pode variar entre 10Hz e 50Hz em distâncias de 200 m a 1100 m ou mais.

Por último, mas não menos importante, a explosão de rochas também causa poluição no ar pela geração de poeira, fumos e gases provenientes da detonação e da fase de beneficiamento. A dispersão dos gases ocorre em poucos metros, afetando apenas os colaboradores da pedreira, porém as partículas em suspensão, que são extremamente finas, podem ser levadas pelo vento por uma distância muito maior. Essas partículas finas, resultado da mineração, ao serem inaladas, podem provocar alterações no sistema respiratório de caráter temporário ou até mesmo permanente. Dentre as patologias observadas pelo contato com partículas mistas de poeira, podem ser citadas a pneumoconiose (causada pelo contato em baixo grau) e a silicose (causada pelo contato em alto grau com partículas de sílica), sendo essa segunda: crônica, incurável e irreversível (Rodrigues *et al.*, 2005).

Castro *et al.* (2011) descrevem em seu estudo que a serragem dos blocos durante a etapa de beneficiamento das rochas é a principal responsável pela geração de rejeitos mais finos. Nessa etapa, 25% do volume das rochas são transformados nesses resíduos finos. Esse grande volume chega a mais de 300.000 toneladas de rejeitos finos por ano no Brasil, o que ocasiona perda de solo e assoreamento de corpos d'água.

Metodologia da pesquisa

A presente pesquisa tem como ponto de partida compreender o fenômeno estudado, ou seja, entender qual parcela da população é afetada e como é afetada pela influência da proximidade com a pedreira no bairro Pitanga, em Serra, ES. Com base nas metodologias desenvolvidas em Bacci, Landim e Eston (2006), Sergeant *et al.* (2016), Domingues *et al.* (2020), Opondo, Ajayi e Makindi (2022) e Muriki, Wambugu e Obando (2024), este estudo visa analisar a aplicação de uma metodologia estatística para modelar e determinar a satisfação dos moradores em residir perto de atividades

extrativas, bem como os impactos gerados por tais atividades de extração. Para tanto, a coleta dos dados da pesquisa (respostas dos habitantes em torno da pedreira) tem como base a utilização de um questionário de pesquisa de campo.

Quanto ao objeto de estudo

Inicialmente, faz-se necessário conhecer o bairro no qual a pesquisa de campo foi realizada. O bairro Pitanga, localizado em Serra, ES (ver Figura 2), está situado aos pés do monte Mestre Álvaro – ponto turístico na região, constituído de vegetação de Mata Atlântica de encosta, com inúmeras nascentes e córregos, atingindo cerca de 833 metros de altitude –, sendo vizinho dos bairros Barro Branco e Residencial Mestre Álvaro.

De acordo com o Censo realizado pelo IBGE (2010), o bairro Pitanga tem aproximadamente 1630 habitantes, sendo 799 homens e 831 mulheres. O bairro também apresenta predominância de moradores na faixa etária entre 15 e 64 anos.

É importante saber que, do centro da pedreira até a residência mais perto do bairro Pitanga, há uma distância de aproximadamente 262 m, conforme ilustrado na Figura 3(a), e que, do centro da pedreira até a residência mais afastada, há aproximadamente 1500 m, como mostrado na Figura 3(b).

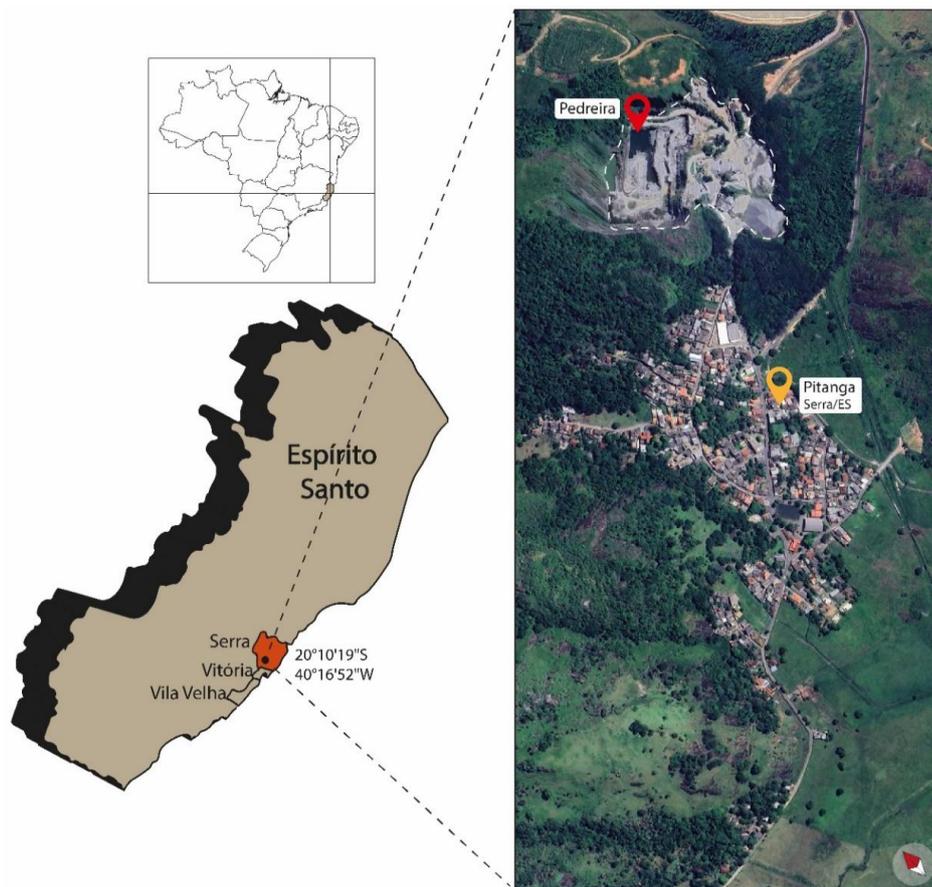


Figura 2 - Delimitação do bairro Pitanga, em Serra, ES

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).



a)

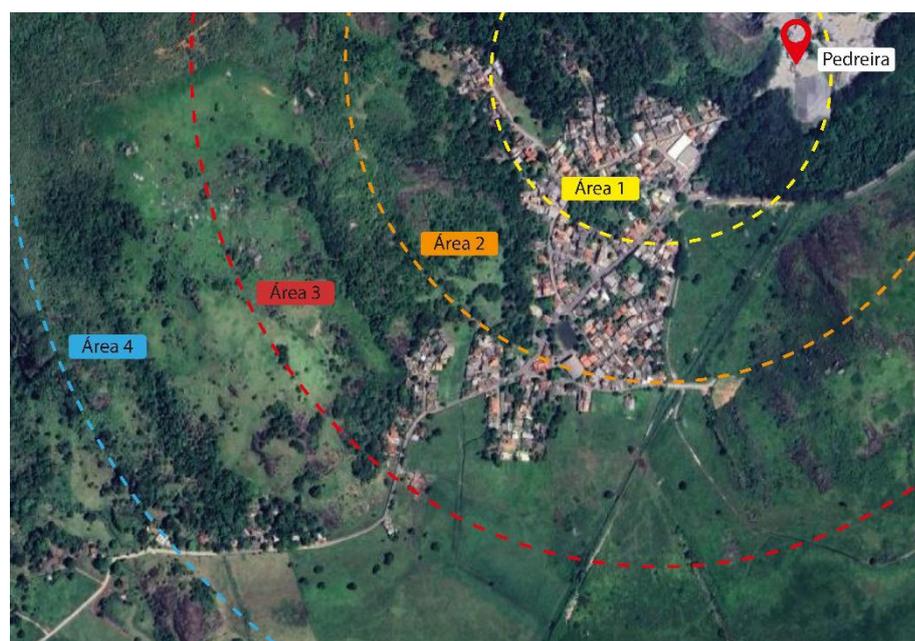
Figura 3 - Distância (a) mais próxima e (b) mais longa entre a pedreira a as residências

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

Quanto à divisão de amostras

Com base nas informações supracitadas, realiza-se uma divisão do bairro em quatro setores, iniciando do ponto mais próximo à pedreira e indo até o final da área habitada. Essa divisão resultou em quatro áreas, sendo a Área 1 (mais próximo da pedreira) e a Área 4 (mais distante da pedreira), conforme mostra a Figura 4. Nessas áreas, as entrevistas com os moradores de Pitanga foram realizadas. Ao total, foram entrevistadas 100 pessoas, ou seja, 25 pessoas por faixa.

Como hipótese inicial da pesquisa, esperava-se que a incidência de impactos negativos tivesse um maior grau nas residências localizadas nas faixas propostas mais perto do local de instalação da pedreira (Área 1, em amarelo na Figura 4), e que os impactos fossem reduzidos à medida que se analisassem as faixas mais afastadas.

**Figura 4 - Divisão de áreas para pesquisa de campo**

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

Quanto ao método de pesquisa utilizado

A pesquisa de campo foi dividida em dois blocos de perguntas. O primeiro bloco de perguntas (ver Quadro 1) é formado por questões relacionadas aos impactos das atividades da pedreira na qualidade de vida dos moradores locais e nos possíveis danos às residências. A escolha das perguntas é definida com base no levantamento dos principais impactos relatados no estudo de caso realizado por Bacci, Landim e Eston (2006). Nesse bloco, as respostas aceitas pelos entrevistados são contabilizadas em uma escala de 0 a 5 (quantificação do grau de impacto da variável na percepção dos habitantes), sendo que: 0 = “Não afetado”; 1 = “Minimamente afetado”; 2 = “Pouco afetado”; 3 = “Afetado”; 4 = “Muito afetado”; 5 = “Severamente afetado”. No Quadro 1 apresenta-se o primeiro bloco do questionário utilizado nas entrevistas com os moradores locais.

| QUESTIONÁRIO 1 Acerca dos aspectos e impactos da pedreira | Escala | | | | | |
|---|--------|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. Você nota a presença de fissuras e/ou trincas em sua residência? | | | | | | |
| 2. Você nota avarias em seus revestimentos cerâmicos, por exemplo, trincas ou cerâmicas soltas? | | | | | | |
| 3. Você nota infiltrações presentes em sua residência? | | | | | | |
| 4. Você sente algum desconforto ambiental decorrente das vibrações das explosões da pedreira? | | | | | | |
| 5. Você se sente afetado pela poeira suspensa oriunda da pedreira? | | | | | | |
| 6. Você já notou redução da fauna e da flora local por conta da pedreira? | | | | | | |
| 7. Você já notou alterações na paisagem local por conta da pedreira? | | | | | | |

Quadro 1 - Questionário para pesquisa em campo com os moradores, bloco 1

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

No estudo realizado por Silva e Andrade (2017), o principal impacto negativo do processo de mineração é a modificação do equilíbrio ecológico da área delimitada para a instalação do empreendimento. No entanto, os autores relatam que, apesar dos problemas relacionados à mineração, ela promove benefícios pouco divulgados. Além do aspecto financeiro, a geração de empregos proporcionada por um novo empreendimento é significativa, sobretudo para as comunidades próximas. As iniciativas ambientais propostas pelos empreendimentos garantem o bem-estar da população, incluindo altos investimentos ao adotar práticas sustentáveis. A partir disso, tem-se a motivação para a realização do segundo bloco neste trabalho: um questionário curto, composto por perguntas fechadas com respostas possíveis de “Sim” ou “Não”, destinado a entender a influência da pedreira na renda familiar dos moradores locais, bem como a avaliar o impacto da comercialização local de produtos. No Quadro 2, apresenta-se o segundo bloco do questionário aplicado aos entrevistados.

| QUESTIONÁRIO 2 Acerca da proximidade com a pedreira | Sim | Não |
|--|-----|-----|
| 1. A pedreira é ou já foi fonte de emprego/renda para sua família? | | |
| 2. Você nota que a proximidade com a fonte torna os produtos da pedreira de valor mais acessíveis aos moradores? | | |

Quadro 2 - Questionário para pesquisa de campo com os moradores, bloco 2
 Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

As perguntas realizadas (ver Quadro 1 e 2) fizeram referência a uma diversidade de possíveis impactos que poderiam ser observados ao redor de qualquer pedreira, como: fissuras e/ou trincas em edificações e revestimentos, infiltrações, desconforto pela vibração, poeira, redução de fauna e flora, alteração de paisagem, geração de emprego/renda e redução do valor dos produtos provenientes da pedreira para os moradores.

Nos resultados a seguir, são mostrados os Grupos 1, 2, 3 e 4, que correspondem aos grupos de estudos previamente separados por faixa (ver Figura 4). O Grupo 1 está localizado no início do perímetro urbano do bairro até a marca de 312 m; o Grupo 2, na marca de aproximadamente 312 m a 624 m; o Grupo 3, na marca de aproximadamente 624 m a 936 m; e o Grupo 4 corresponde ao grupo de moradores localizados na faixa superior a 936 m, a partir do início do perímetro urbano do bairro.

A coleta de informações foi feita por quatro pessoas por meio de um questionário físico. Posteriormente, os dados coletados em campo foram organizados em planilhas e tratados/interpretados. O tempo médio de cada entrevista foi de 5 minutos e levou três dias para ser concluída, isso porque em algumas das faixas o horário das entrevistas precisou ser adaptado ao horário de trabalho dos entrevistados.

Resultados e discussões

Os resultados obtidos por meio da pesquisa de campo foram apresentados abaixo em forma de gráficos, nos quais cada barra representa a amostra de 25 pessoas entrevistadas por faixa representados pela nomenclatura “Grupo 1”, “Grupo 2”, “Grupo 3” e “Grupo 4”, e as respectivas respostas são demonstradas a partir das cores conforme a legenda ao lado. A seguir, são apresentados os resultados obtidos com a pesquisa popular no bairro Pitanga, em Serra, ES. Os gráficos foram separados de acordo com as perguntas do questionário e a discussão sobre os dados alcançados.

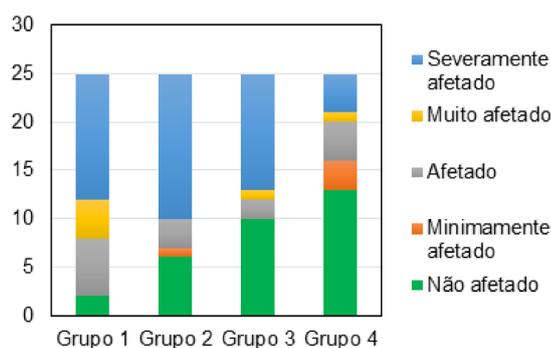


Gráfico 1- Resultado da pesquisa referente a trincas e fissurações

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

No Gráfico 1, observa-se que os entrevistados que moram mais próximo das áreas da pedreira sofrem em maior escala com relação à fissuração em suas residências quando comparados com os residentes que moram mais afastados, já que estes, em sua maioria, não se sentem tão afetados. Isso é comprovado pelos dados estatísticos, que mostram que mais de 50% dos entrevistados, no Grupo 1 e 2, são severamente afetados, enquanto a quantidade dos entrevistados não afetados se elevou no Grupo 3 e 4 (40% e 52% respectivamente). De maneira geral, em torno de 65% da amostra (total de 100 entrevistados) já observaram algum sinal de trincas/fissuras em suas residências. Na Figura 5(a) pode-se observar um exemplo da incidência de trinca.

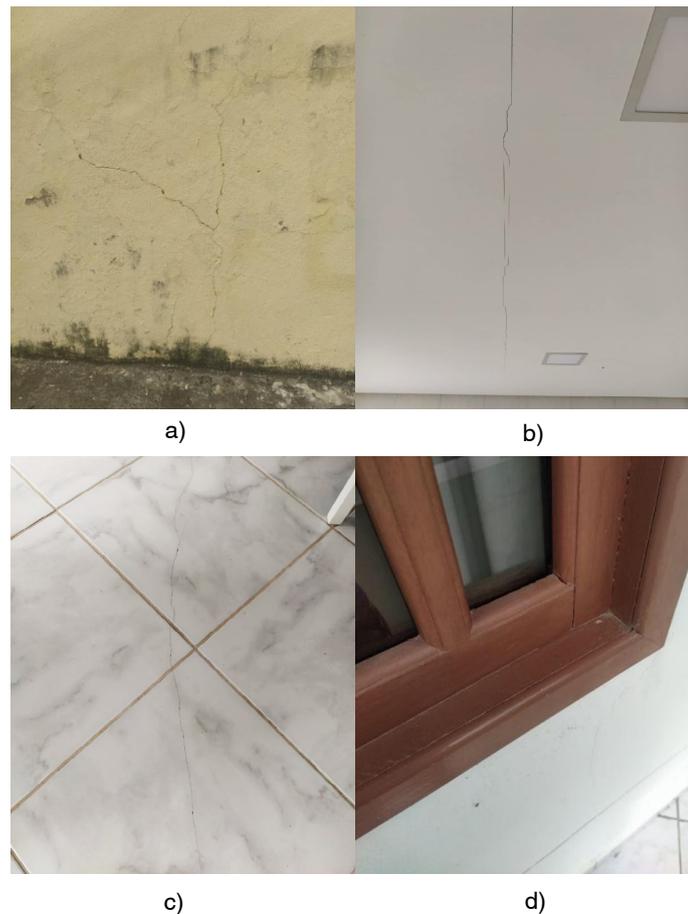


Figura 5 - Exemplos de patologias encontradas nas residências do bairro: (a) trincas em muro de alvenaria, (b) fissura em gesso decorrente das vibrações, (c) avaria em revestimento cerâmico e (d) poeira excessiva nas residências

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

No Gráfico 2 observa-se a presença de trincas ou revestimentos cerâmicos soltos. Assim como na pesquisa de avarias no imóvel de forma geral, percebe-se que, quanto mais próximo da pedreira o entrevistado reside, mais se observa a presença de patologias. Por volta de 52% dos entrevistados afirmam que, em algum momento, verificaram algum tipo de avaria nos revestimentos. Os Grupos 1, 2 e 3 apresentam, respectivamente, 36%, 56% e 32% de entrevistados que relatam que foram severamente afetados. Na Figura 5(c), temos um exemplo de avaria cerâmica em uma residência do Grupo 2.

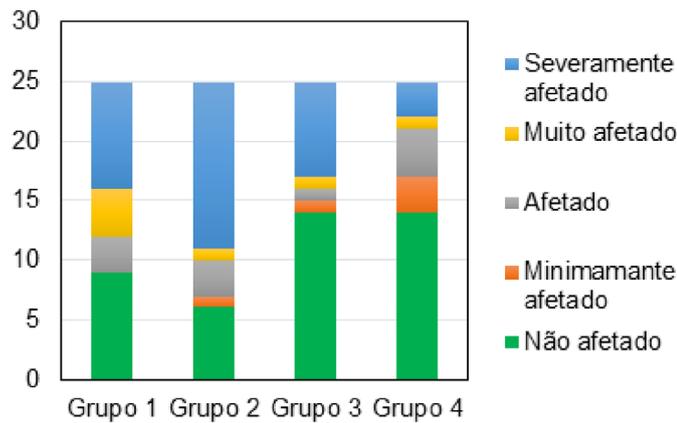


Gráfico 2- Resultados da pesquisa referentes ao impacto de avarias em revestimentos

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

Com relação à percepção de infiltração (ver Gráfico 3), tem-se um resultado coerente com o de trincas e fissuras (ver Gráfico 1), diferenciando-se apenas pela proporção, pois percebe-se que um número menor de pessoas correlacionou a presença de fissuras com a proximidade da pedreira. Em alguns casos, cita-se ainda que os materiais usados na construção e os métodos construtivos poderiam também ter influenciado negativamente nas fontes de infiltração percebidas. De modo geral, em torno de 55% dos entrevistados responderam que foram minimamente ou não afetados por infiltrações decorrentes das atividades da pedreira. Na figura abaixo, vemos a avaria causada ao gesso da residência de um dos entrevistados do “Grupo 1”.

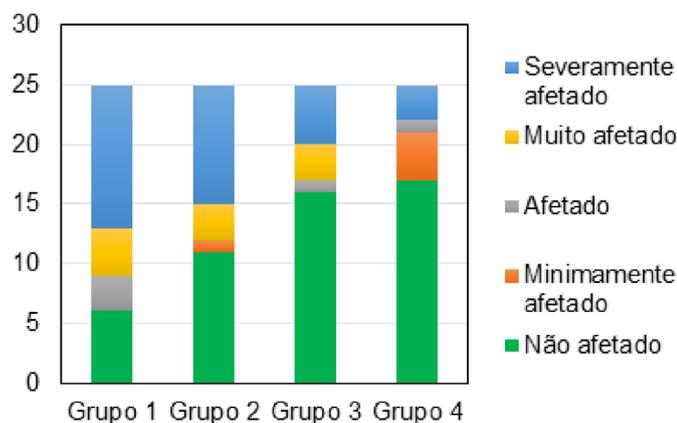


Gráfico 3- Resultado da pesquisa referente à infiltração decorrente de fissuras

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

Conforme se pode notar no Gráfico 4, sendo responsabilizada pelas avarias nas residências, a vibração foi um dos pontos mais citados como incômodos para os moradores do bairro Pitanga, ficando aquém apenas da poeira (ver Gráfico 5). Com base nos relatos informados pelos entrevistados na pesquisa, a vibração foi comparada com a ocorrência de um terremoto e, inclusive, houve relatos de incidentes nos quais vidros de janelas se estilhaçaram no momento da explosão, ver Figura 5(b). Domingues *et al.* (2020) confirmaram os mesmos resultados obtidos neste trabalho. Os autores relatam em seu estudo que as vibrações excessivas são uns dos efeitos mais negativos que ocorrem em razão das correlações intrínsecas com ruídos de explosão.

Quantitativamente, 27% dos entrevistados somente afirmam não serem afetados pela vibração proveniente das atividades da pedreira (rompimento das rochas com explosivos). Esses impactos são mais pronunciados nas áreas próximas da pedreira (como esperado), sendo que os Grupos 1 e 2 representam, respectivamente, 68% e 56% de moradores que responderam serem severamente afetados pelas vibrações.

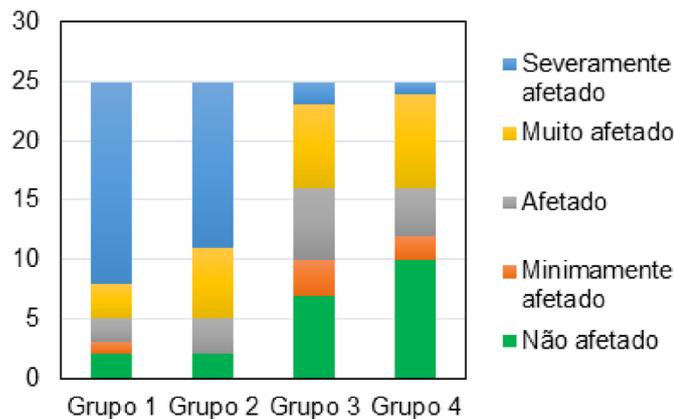


Gráfico 4- Resultado da pesquisa referente à vibração causada pelo rompimento das rochas com explosivos

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

Assim como citado anteriormente, dentre todos os aspectos pesquisados, a poeira foi o impacto negativo mais relatado pelos moradores do bairro de Pitanga – ver Gráfico 5 e Figura 5(d) –, conforme também relatado nos trabalhos de Opondo, Ajayi e Makindi (2022) e Domingues *et al.* (2020). Apenas 17% dos entrevistados disseram não sofrer por causa da poeira ou não relacionaram sua presença com a pedreira. Os outros 83% alegaram sofrer, mesmo que em menor grau, e atribuíram, sim, o grande volume de poeira à presença da pedreira.

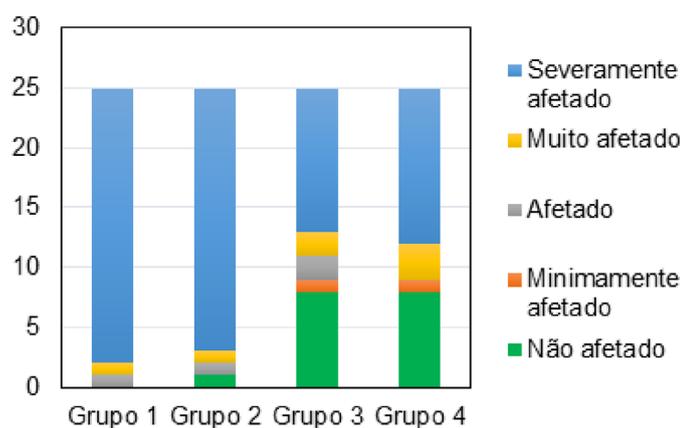


Gráfico 5- Resultado da pesquisa referente ao incômodo gerado pela poeira proveniente da pedreira

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

Como já era esperado e relatado também em diversos trabalhos na literatura, tais como Bacci, Landim e Eston (2006), Pontes e Silva (2016) e Domingues *et al.* (2020), nem todos os impactos causados pela presença da pedreira são negativos. No Gráfico 6(a), observa-se que grande parte dos entrevistados já tiveram a pedreira como fonte de renda familiar de forma direta ou indireta (em torno de 69% dos entrevistados).

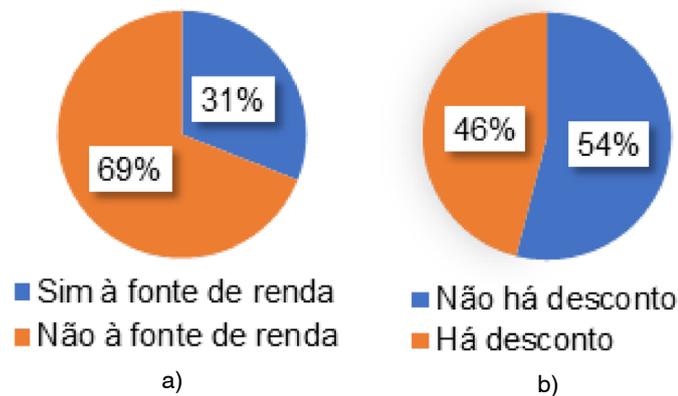


Gráfico 6- Resultado da pesquisa referente (a) à geração de renda para os moradores do bairro e (b) à compra de produtos direto da pedreira

Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as).

Outro ponto positivo observado foi que quase metade dos entrevistados (em torno de 46% dos entrevistados) relatou já ter comprado materiais como pedra e pó de pedra oriundos da pedreira com o preço reduzido, ver Gráfico 6(b), e a maioria dos que responderam que não tiveram esses descontos são moradores mais recentes do bairro. Em vários casos, ainda foi revelado que a pedreira já doou material para a construção das casas do bairro, de forma que o beneficiado só pagava pelo frete do material. Infelizmente, após protestos contra a permanência da pedreira e a continuidade da exploração das rochas feitas pelos moradores insatisfeitos, esse tipo de incentivo por parte da pedreira reduziu de maneira drástica. Conforme relatado também por Sergeant *et al.* (2016), vale destacar também que, mesmo com os pontos negativos relatados nesta pesquisa (por exemplo, poeira, vibrações, avarias etc.), a maioria dos moradores entrevistados não se sentem limitados com a presença das atividades da pedreira no bairro Pitanga, uma vez que eles nasceram ou cresceram – ou existem familiares estabelecidos na região.

Dentre as perguntas do questionário, as que se referiam à mudança do aspecto visual do bairro e à redução da fauna e da flora não apresentaram um resultado aproveitável para a pesquisa, isso porque a maioria dos entrevistados relatou não terem reparado na ocorrência de alteração ou que não acreditavam haver correlação entre os fatos observados e a presença da pedreira. Vale destacar que uma das dificuldades durante a realização da pesquisa foi a falta de adesão da população ao questionário, visto que havia um receio de que as respostas pudessem afetá-los negativamente de alguma forma. Essa barreira foi transposta quando explicamos que a pesquisa teria fins acadêmicos e seria feita de forma anônima.

Considerações finais

O presente estudo teve como objetivo analisar de forma quali-quantitativa a percepção dos possíveis impactos da pedreira localizada no bairro Pitanga, em Serra, ES, a partir de uma perspectiva popular. Para tanto, foram entrevistados 100 moradores locais, distribuídos em uma faixa de proximidade da pedreira, visando averiguar os locais mais afetados. A partir dos resultados obtidos na pesquisa de campo, é inegável a ocorrência da observação de impactos gerados à população e relatadas pelos entrevistados. Fica claro que o resultado dessa adjacência traz consigo impactos positivos, como a

geração de empregos e renda; e negativos, como o excesso de poeira e o incômodo pela vibração. Contudo, não foi possível concluir, apenas pela pesquisa realizada, se os efeitos notados são de responsabilidade exclusiva da pedreira. Para chegar a tal conclusão, faz-se necessário uma pesquisa mais profunda, levando em consideração os parâmetros das normas vigentes e fazendo um estudo com equipamentos adequados para averiguar se a pedreira se enquadra nessas especificações.

A partir dos dados coletados e dos resultados obtidos no presente trabalho, algumas medidas podem auxiliar na mitigação dos efeitos provenientes das atividades da pedreira e melhorar o bem-estar da comunidade local. Dentre elas, no que diz respeito ao excesso de tremor que afeta a comunidade estudada, a empresa pode adotar medidas de redução de vibrações e sobrepressão, reduzindo a área da rocha explorada em cada arrebentação e, assim, diminuindo a necessidade do uso de detonadores de maior impacto. Além disso, é importante fortalecer o relacionamento com a comunidade circunvizinha por meio de registros de reclamações dos moradores e da realização de serviços de vistoria e diagnóstico contínuo de avarias nas residências, bem como pela divulgação adequada dos resultados de monitoramento ambiental.

Por fim, é importante salientar que a empresa responsável por todos os serviços executados em uma pedreira deve agir com transparência, visando garantir uma boa relação com os moradores dos bairros vizinhos e compartilhar, de forma clara, suas atividades. É fundamental que a empresa reconheça a existência de limites aceitáveis estabelecidos para vibrações e sobrepressão – conforme normativos – e que atue dentro desses parâmetros. Além disso, é essencial que realize monitoramentos e avaliações periódicas dos impactos ambientais, bem como que esteja constantemente atenta aos efeitos e desconfortos causados por suas operações, sempre priorizando a qualidade de vida da população em termos de saúde, proteção e segurança do patrimônio. Com uma comunicação eficiente e clareza nas informações, a comunidade tende a compreender melhor as atividades exercidas na pedreira, resultando em uma convivência mais harmoniosa.

Referências

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *ABNT NBR 9653: Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas*. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

AGUNDES, C. E. P.; FAGUNDES, L.; BARUM, A. O. *Sustentabilidade na mineração: case granito RS*. 2021. 6 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia) — Curso de Engenharia, Ufpel, Porto Alegre, 2021.

BACCI, D. D. L. C.; LANDIM, P. M. B.; ESTON, S. M. D. Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana. *REM: Revista Escola de Minas*, Ouro Preto, v. 59, n. 1, p. 47-54, 2006.

BERNARDO, C. M. R. *Deteção de padrões de vibrações de corpo inteiro em ciclos de perfuração, carga e transporte em pedreira*. 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais) — Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013.

BISTAFA, S. R. *Acústica aplicada ao controle do ruído*. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2018.

CABRAL, L. N.; PEREIRA, S. S.; ALVES, T. L. B. Degradação ambiental e implicações para a saúde humana decorrentes da mineração: o caso dos trabalhadores de uma pedreira no município de Campina Grande /PB. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, Uberlândia, v. 8, n. 15, p. 104-118, 2012.

CASTRO, N. F.; MARCON, D. B.; FREIRE, L. C.; LIMA, E. D. F.; ALMEIDA, P. F. D. *Impacto do APL de rochas ornamentais do Espírito Santo nas comunidades*. 2011. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Minas) — Curso de Engenharia de Minas, Cetem-Es/McTi, Cachoeiro de Itapemirim, 2011.

CROCE, M.; MANSO, E. R. C. Poluição ambiental e alergia respiratória. *Medicina*, Ribeirão Preto, v. 35, n. 1, p. 144-153, 1998.

DENTONI, V.; LAI, A.; PINNA, F.; CIGAGNA, M.; MASSACCI, G.; GROSSO, B. A comprehensive methodology for the visual impact assessment of mines and quarries. *Environmental Impact Assessment Review*, [s. l.], 2023.

DOMINGUES, J. M.; MIRANDA, V. F.; REZENDE, D. C.; LARES, Y. S.; FERREIRA, S. R.; OLIVEIRA, I. R. de. Statistical modeling of quarrying activities and their impact on residents'satisfaction. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 416-429, 2020.

ESCAVY, J. I.; HERRERO, M. J.; LOPEZ-ACEVEDO, F.; TRIGOS, L. The progressive distancing of aggregate quarries from the demand areas: Magnitude, causes, and impact on CO₂ emissions in Madrid Region (1995–2018). *Resources Policy*, [s. l.], v. 75, p. 102506, 2022.

FONTANELLI, G.; SOUZA, L. E.; ABICHEQUER, L. A.; NETO, R. O.; GONÇALVES, Í. G. Diagnóstico e modelos de previsão de níveis de ruído e vibração em desmonte de rochas com explosivos. *REMOA - Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas*, Santa Maria, RN, v. 14, p. 43-61, 2015.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Censo Brasileiro de 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados>. Acesso em: 25 set. 2023

LOPES, J. C. P.; MARTINS, L. A. *Avaliação de impacto do desmonte de rochas com explosivos em edificações vizinhas ao britador São Geraldo em Caratinga-MG*. 2017. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil, Caratinga, 2017.

MURIKI, J. G.; WAMBUGU, S.; OBANDO, J. Environmental impacts of quarry stone mining in igembe south sub county, meru county. *International Journal of Arts Humanities and Social Sciences Studies*, [s. l.], v. 9, 4, p. 14, 2024.

OPONDO, E. O.; AJAYI, D. D.; MAKINDI, S. M. Impacts of quarrying activities on the environment and livelihood of people in Border II sub-location, Nyando sub-county, Kisumu County, Kenya. *Environmental Quality Management*, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 147-160, 2022.

PONTES, J. C.; SILVA, V. P. Impactos ambientais do desmonte de rocha com uso de explosivos em pedreira de granito de Caicó-RN. *Geosciences = Geociências*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 267-276, 2016.

RODRIGUES, G. L.; MANTOVANI, L. E.; DUARTE, U.; LOPES, K. Estudo comparativo entre as poeiras respiráveis de basalto e gnaiss na produção de brita nas regiões de Londrina e Curitiba, no estado do Paraná, e sua influência para os trabalhadores. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, São Paulo, v. 30, n. 112, p. 37-47, 2005.

SERGEANT, A.; POESEN, J.; DUCHATEAU, P.; VRANKEN, L. A methodological framework to assess the socio-economic impact of underground quarries: A case study from Belgian Limburg. *Science of the total environment*, [s. l.], v. 541, p. 559-569, 2016.

SILVA, I. S.; SELEGHIM, A. P. D.; KAWAKAME, M. Análise da resistência à compressão de concreto sustentável com adição de resíduo do processo da britagem de rochas. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, São Paulo, 2019. *Anais [...]*. São Paulo: FEAUSP, 2019, p. 1-16.

SILVA, M. L.; ANDRADE, M. K. Os impactos ambientais da atividade mineradora. *Meio Ambiente e Sustentabilidade*, [s. l.], v. 11, n. 6, 2017.

SOUSA, R. de. *Exposição ocupacional ao ruído nas pedreiras*. 2015. 95 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental) — Curso de Especialista na Área de Saúde Ambiental, Instituto Politécnico do Porto, Porto, 2015.

Submetido 17/09/2024. Aprovado 05/12/2024
Avaliação: revisão duplo-anônimo

Avaliação da resistência à compressão e da durabilidade de tijolos de solo-cimento com solo paraense da região de Tucuruí, Brasil

EVALUATION OF COMPRESSION STRENGTH AND DURABILITY OF SOIL-CEMENT BRICKS WITH SOIL FROM THE STATE OF PARÁ IN THE TUCURUÍ REGION, BRAZIL

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y DURABILIDAD DE LADRILLOS SUELO-CEMENTO CON SUELO DEL ESTADO DE PARÁ EN LA REGIÓN DE TUCURUÍ, BRASIL

Stephanie Leite Fonseca

Universidade Federal do Pará (UFPA)
tatalcunha@hotmail.com

Maria Gorett S. Marques

Universidade Federal do Amazonas (Ufam)
mgorettsmarques@yahoo.com.br

Rodrigo Rodrigues da Cunha

Universidade Federal do Pará (UFPA)
rodrigo.totalmix@gmail.com

Brunno Dourado Silva

Universidade Federal de Goiás (UFG)
douradobrunno@gmail.com

Edgar Bacarji

Universidade Federal de Goiás (UFG)
edgar@ufg.br

Andrielli Morais de Oliveira

Universidade Federal de Goiás (UFG)
andriellimorais@ufg.br

Resumo

Tijolos de solo-cimento (TSCs) são materiais de terra crua com adição de cimento. Eles representam uma alternativa interessante para sistemas de vedações verticais, pois agregam baixo investimento financeiro e têm baixo impacto ambiental. No estado do Pará, no Brasil, na região do lago da UHE de Tucuruí, famílias residentes em ilhas têm dificuldade para transportar materiais de construção, dessa forma os TSCs tornam-se viáveis como uma opção técnica e executiva apropriada. À vista disso, o objetivo do presente trabalho é avaliar a resistência à compressão, a absorção de água e a durabilidade, por meio de ciclos de molhagem e secagem de tijolos de solo-cimento produzidos de forma artesanal com material da região do Pará e com teores de substituição de solo por cimento de 5%, 7,5% e 10% em volume. Os resultados indicaram que os tijolos com 10% de cimento apresentaram melhor desempenho em termos de resistência e durabilidade, mas não alcançaram todos os requisitos para um desempenho ideal.

Palavras-chave: solo-cimento; blocos; tijolos de solo-cimento; sustentabilidade; durabilidade.

Abstract

Soil-cement bricks (SCC) are raw earth materials with the addition of cement. They are the obvious alternative to vertical fencing systems because they require low financial investment and have a low environmental impact. In the state of Pará/Brazil, in the region of the Tucuruí HPP lake, families living on islands find it difficult to transport building materials and SPTs are an appropriate technical and executive option. The aim of this study is to evaluate the compressing strength, water absorption and durability through wetting and drying cycles of soil-cement bricks produced by hand with material from the Pará/Brazil region, with 5%, 7.5% and 10% levels of soil substitution for cement. The results have indicated that the bricks with 10% cement performed better for strength and durability, but they did not meet all the requirements for optimum performance.

Keywords: soil-cement; blocks; soil-cement bricks; sustainability; durability.

Resumen

Los ladrillos de suelo-cemento (SBC) son materiales de tierra cruda con la adición de cemento. Son una alternativa interesante a los sistemas de sellado vertical ya que requieren una baja inversión financiera y tienen un bajo impacto ambiental. En el estado de Pará/Brasil, en la región del lago de la UHE Tucuruí, las familias que viven en islas tienen dificultades para transportar materiales de construcción y los TSCs son una opción técnica y ejecutiva adecuada. El objetivo de este estudio es evaluar la resistencia a la compresión, la absorción de agua y la durabilidad a través de ciclos de humedecimiento y secado de ladrillos suelo-cemento producidos artesanalmente con material de la región de Pará/Brasil, con niveles de sustitución de 5%, 7,5% y 10% de suelo por cemento. Los resultados indicaron que los ladrillos con 10% de cemento tuvieron mejor desempeño en términos de resistencia y durabilidad, pero no cumplieron todos los requisitos para un desempeño óptimo.

Palabras clave: suelo-cemento; bloques; ladrillos de suelo-cemento; sostenibilidad; durabilidad.

Introdução

Os tijolos de solo-cimento (TSCs) são produzidos por um processo relativamente simples, envolvendo a mistura de solo e cimento, compactados em moldes com a forma desejada. O processo de cura é simples e a fabricação é realizada com prensas hidráulicas ou manuais, dispensando a necessidade de queima em fornos, apresentando-se, por isso, como uma escolha ambiental interessante por não ser calcinada.

De acordo com Muñoz e Tenesaca (1995), a construção com solo é uma técnica ancestral utilizada em vários locais e diversas culturas. A história dessas construções remonta à pré-história com os povos primitivos. Com o passar dos milênios, diversas civilizações começaram a utilizar essa técnica em uma maior escala, como os egípcios, babilônios, persas, entre outros. Dentro dessas civilizações, surgiram diversas edificações, como a cidade da Babilônia, a necrópole de Tebas e a fortaleza de Van, na Turquia. Na Ásia, um exemplo conhecido é a Grande Muralha da China, além de construções na Índia e no Tibete.

Além disso, o material solo-cimento foi difundido por toda a Europa durante a ocupação turca até a Revolução Francesa. Nas Américas, o uso do solo como material de construção remonta às culturas pré-colombianas, como a cidade de Chan Chan, no Peru, além dos povos Maias e Astecas. Com a colonização europeia nas Américas, houve uma fusão dos sistemas construtivos, que foram transmitidos de geração em geração e entre continentes até a era moderna (Muñoz; Tenesaca, 1995).

Nesse sentido, Taveira (1987) apresenta um exemplo notável de construção com solo-cimento na cidade de Taos, no Novo México, Estados Unidos. A cidade foi construída no ano de 1609 pelos índios Pueblos. Outros exemplos de construções com solo-cimento são o Palácio dos Governadores em Santa Fé, também no Novo México, edificado no ano de 1610 e o Convento de San Francisco, na cidade Santa Fé, na Argentina, construído no ano de 1695. As Figuras 1a, 1b e 1c ilustram essas construções do século XVII que se tornaram marcos históricos para as respectivas cidades.

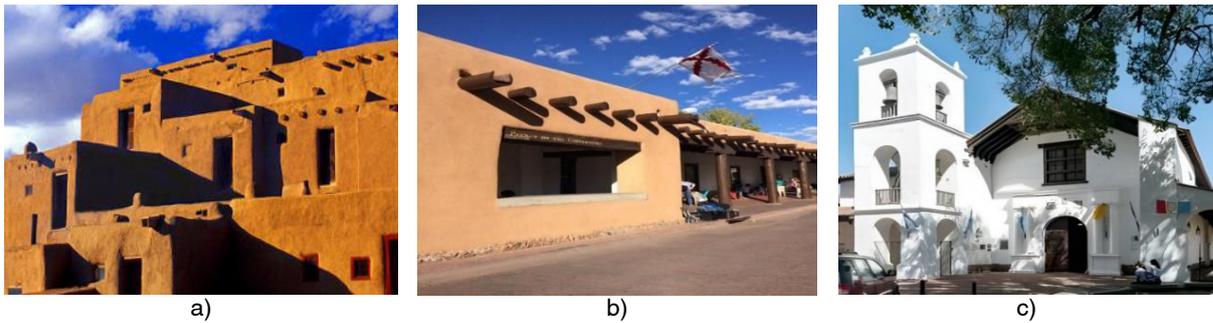


Figura 1 - (a) Cidade de Taos, (b) Palácio dos Governadores; (c) Convento San Francisco

Fonte: (a) Picorelly (2011), (b) Bellmore e Frances (2024) e (c) Petrina (2024).

Kouaku e Morel (2009) mencionam que, após a Revolução Industrial, a utilização do solo como material de construção sofreu impactos significativos e entrou em declínio. As inovações tecnológicas à época introduziram diversos e novos métodos para a produção de materiais com mais durabilidade, resultando na marginalização das técnicas de construção com solo. Conseqüentemente, a aplicação dessas técnicas ficou restringida a países em desenvolvimento.

Para Lôbo *et al.* (2020), especificamente no Brasil, as técnicas construtivas com solo emergiram da combinação das tradições construtivas europeias, introduzidas por Portugal em suas colônias e pelos imigrantes europeus, com práticas construtivas africanas trazidas pelos escravos durante o Período Colonial. Na década de 1940, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) utilizou técnicas de pavimentação asfáltica que incorporavam o TSC como base e sub-base em projetos de infraestrutura, incluindo a construção de um aeroporto em Petrolina, no estado de Pernambuco. A utilização do solo como material de construção foi uma prática comum até aproximadamente o século XIX, quando o cimento Portland passou a ganhar protagonismo como aglomerante em relação aos métodos tradicionais de construção com solo.

Nesse sentido, considerando as variações de solo no Brasil, é importante reconhecer que elas podem influenciar significativamente o desempenho e a durabilidade dos tijolos de solo-cimento. A norma NBR 8492 (ABNT, 2012b) estabelece a metodologia para ensaios de resistência à compressão, especificando os procedimentos a serem adotados. Já a NBR 8491 (ABNT, 2012a) define os requisitos mínimos de valores de resistência à compressão para os tijolos de solo-cimento, sendo de 1,7 MPa para tijolos individuais e de 2,0 MPa para a média das amostras. Além do mais, essa norma determina que os valores médios de absorção de água de TSL não devem exceder 20% e os valores individuais não devem ultrapassar 22%. Para garantir a precisão dos resultados, tanto os ensaios de resistência à compressão quanto os de absorção de água devem ser realizados após um período mínimo de sete dias de cura.

Mais recentemente, o interesse na utilização do solo-cimento na construção de edificações diminuiu com o surgimento de uma ampla gama de materiais modernos. Silva e Castro (2003) reiteram que atualmente sua aplicação é mais notável em obras

de infraestrutura de rodovias, nas quais cerca de 90% das rodovias utilizam o solo-cimento compactado como base. Além disso, o solo-cimento é amplamente empregado em reforços de pavimentos, no melhoramento de solos, em contenções de encostas e em barragens, em virtude das suas propriedades de durabilidade e resistência mecânica (Carvalho, 2017).

O uso de estabilizações químicas, como exemplifica Lima e Cruz (2016), tem sido empregado como uma alternativa eficaz para o reforço e a estabilização de erosões, operando a partir de princípios microscópicos, como a troca de íons, precipitação e polimerização. Essas técnicas são aplicadas de maneira a garantir que a suplementação forneça resistência suficiente para o uso pretendido. Um exemplo é o uso de solo-cal, no qual a adição de cal pode, a longo prazo, promover reações pozolânicas que aumentam a resistência e durabilidade do solo ou, a curto prazo, melhoram sua plasticidade (Nascimento *et al.*, 2019).

Oliveira (2018) explica que a aplicação da cal como método de reforço é especialmente eficaz na estabilização de erosões em reservatórios de água, que geralmente ocorrem por causa das ondas geradas pelo vento, alterando as características das bordas desses reservatórios ou ocasionando o desgaste delas. O uso da cal permite que os grãos de argila retenham água e formem ligações cimentícias, contribuindo significativamente para a estabilidade e resistência do solo. Outros estudos focam na mistura de solo com fosfogesso e bentonita (Morais *et al.*, 2023; Borges *et al.*, 2023).

Com o crescente enfoque na sustentabilidade em edificações e construções, aliado às premissas estabelecidas pela Organização das Nações Unidas (ONU), os projetos do Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÉ) destacam-se pelo compromisso com o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Em específico o 11º objetivo, que se refere às cidades e comunidades sustentáveis, e o 15º, relacionado à vida terrestre para recuperar e proteger ambientes.

Nesse sentido, o uso de materiais que apresentam um impacto ambiental reduzido e com maior durabilidade tornou-se proeminente. Em concomitância, considerando o déficit habitacional no Brasil, os TSCs produzidos por cooperativas, empregando materiais de menor custo ou com reaproveitamento, podem proporcionar mais dignidade às famílias brasileiras, estimular a economia local e promover benefícios do ponto de vista socioeconômico e de economia circular.

Caldas e Toledo Filho (2021) realizaram uma avaliação ambiental do sistema construtivo de alvenaria de blocos de solo-cimento para diferentes especificações de projeto. Desse modo, foram comparados diferentes tipos de processo de produção de blocos de solo-cimento, considerando os processos manual e mecanizado. Compararam-se, ainda, dois tipos de cimento e diferentes tipos de revestimento. A alternativa de alvenaria com blocos de solo-cimento, utilizando processo manual e cimento Portland tipo CP-II-E-40, mostrou-se a mais vantajosa quando comparada com a alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e de concreto. Diante da necessidade urgente de medidas e estudos que promovam a sustentabilidade na construção civil, este trabalho evidenciou a importância do sistema construtivo com blocos de solo-cimento nesse contexto.

Portanto, economia, sustentabilidade e segurança são alguns aspectos fundamentais para os sistemas construtivos, assim como a necessidade de sistemas construtivos com materiais duráveis. Diante disso, o presente estudo avaliou a resistência à compressão, a absorção de água e a durabilidade, por meio de ciclos de molhagem e secagem, de tijolos de solo-cimento produzidos de forma artesanal com material da região do lago da Usina hidrelétrica de Tucuruí no Pará. Além disso, também foram apresentados estudos atuais com enfoques semelhantes, permitindo a contextualização das pesquisas sobre o tema.

Referencial teórico

Diversos estudos atuais, além da fabricação convencional dos TSCs, utilizaram adições em massa ou substituições por meio de materiais diversos. No estudo de Ribeiro *et al.* (2021), foram adicionados resíduos de borracha de pneu em proporções de 10% e 20%. Em termos de resistência à compressão, os sete corpos de prova aos 28 dias de referência atingiram 0,4 MPa, com 10% de adição e de 0,5 MPa com 20% de adição. Esses valores não atenderam aos requisitos preconizados na NBR 8491 (ABNT, 2012a), que exige um mínimo de 1,7 MPa para o valor individual, e o maior valor encontrado foi de de 0,5 MPa. Em relação à absorção de água, os valores obtidos foram superiores ao permitido pela NBR 8491 (ABNT, 2012a), que determina que o valor médio não pode ser maior que 22%. Os resultados de absorção de água foram de 35% para o TSC de referência, de 35% com adição de 10% e de 34% com adição de 20% de resíduos de borracha de pneu. Logo, as formulações de TSCs não atenderam aos requisitos normativos.

Na análise de Cristina *et al.* (2018) foram produzidos TSCs com adição de fibra vegetal (bucha vegetal) com porcentagens de 5% e 10%, além do grupo de referência sem adição, totalizando nove corpos de provas. A resistência à compressão dos TSCs foi de 1,6 MPa para o de referência, 0,4 MPa com adição de 5% e 0,3 MPa com 10% de adição. Em termos de absorção de água, os valores foram de 10,3% para o TSC de referência, de 10,5% com 5% e de 9,7% com 10%. No quesito resistência à compressão, os valores obtidos não atenderam a normativa NBR 8491 (ABNT, 2012b).

Neto, Nepomuceno e Ribeiro (2010) investigaram dois tipos de solo da região do lago de Tucuruí no Pará para pavimentação, utilizando o método *Transportation Research Board* (TRB). Nesse estudo, os corpos de prova foram confeccionados com teores de cimento de 3%, 5%, 7% e 9% em relação ao volume de solo. Aos 28 dias, as resistências médias para os solos tipo 1 e 2 foram, respectivamente, de 3 MPa e 3 MPa para 3% de cimento e 5 MPa e 6 MPa para 5%. No caso dos teores de 7% e 9%, o solo tipo 1 apresentou resultado de 7 MPa para os os dois teores. Para o solo 2, os teores de 7% e 9% não foram testados em virtude da recomendação da ABCP (1980) que sugere $6\pm 2\%$ de cimento para a estabilização de acordo com o tipo de solo chamado A-2-6.

A estabilização química dos TSCs é essencial para melhorar suas propriedades mecânicas e de durabilidade. À vista disso, a análise de Salomão, Silva e Barbosa (2019) demonstrou a eficácia da combinação de cal e cimento na produção de TSC, utilizando sete amostras de solo com porcentagens de cal variando entre 0% e 13%. Em cada amostra, a quantidade de cal foi de 3%, 5% e 7%, enquanto a quantidade de cimento foi aumentada progressivamente entre 0% e 13%, permitindo avaliar o impacto do cimento na estabilização da mistura solo-cal. Como resultado, a cal reduziu o índice de vazios no solo, criando uma base mais compacta, enquanto o cimento aumentou a resistência mecânica do conjunto. O objetivo foi determinar a quantidade mínima de cimento necessária para estabilizar o solo, mantendo a quantidade de cal fixa. No ensaio de resistência à compressão com 3% de cal e 7% de cimento, obtiveram-se valores individuais de 2 MPa, 3 MPa e 3 MPa, com média de 3 MPa. Para 5% de cal e 3% de cimento, a resistência individual foi de 0,6 MPa, 1 MPa e 2 MPa, com média de 1,2 MPa. Com 7% de cal e 3% de cimento, os valores individuais foram 1,77 MPa, 2,0 MPa e 2,0 MPa, com média de 1,9 MPa. Assim, os valores de 3% de cal e 7% de cimento mostraram-se interessantes, bem como com 7% de cal e 3% de cimento.

No estudo de Pinto (2016), utilizaram-se misturas de solo com teores de cimento de 1%, 3%, 6%, 10% e 15%. A resistência à compressão, determinada na idade de

7 dias, apresentou resultados médios de 0,4 MPa para 1% de cimento, 2,2 MPa para 3%, 3,8 MPa para 6%, 4,6 MPa para 10% e, por último, 7,4 MPa com 15% de cimento. No quesito absorção de água, as médias encontradas para 1% não foram determinadas, pois os corpos de prova se desfizeram em água. Para 3%, obteve-se um valor de 13% de absorção, para 6% de 11,7%, com 10% de 12,4% e, por fim, com 15% de 11,7% de absorção de água.

Outra consideração do estudo foi em relação aos blocos de solo-cimento com características de vedação, que com 3% de cimento apresentaram uma resistência à compressão de aproximadamente 2,0 MPa. Além disso, no presente estudo, estudaram-se paredes monolíticas não estruturais que obtiveram um valor de resistência à compressão de aproximadamente 1,0 MPa (PINTO, 2016).

O estudo de Grande (2003) comparou a produção de TSC com e sem adição de sílica ativa, substituindo 10% da massa de cimento por sílica ativa e submetendo os corpos de prova a 12 ciclos de molhagem e secagem em água. Para os TSC sem adição de sílica na idade de 120 dias e, após o ensaio de durabilidade, os valores de resistência a compressão foram de 3,3 MPa, 5,5 MPa e 2,7 MPa e com adição de sílica de 3,9 MPa, 5,0 MPa e 3,0 MPa. Nos ensaios de absorção de água foi utilizado um total de 9 TSC para as idades de 7, 28 e 91 dias. Aos 7 dias, sem adição, obtiveram-se valores de absorção de água de 17,7%, 12,4% e 15,9%. Aos 28 dias, valores de 13,3%, 11,0% e 14,0% e, ao final, com 91 dias, de 11,9%, 10,4% e 13,1% de absorção de água. Com a adição de sílica ativa, para 7 dias, obtiveram-se 13,9%, 13,6% e 13,1%, aos 28 dias de 13,8%, 12,5% e 12,7% e, aos 91 dias, de 12,9%, 11,3% e 11,6%. A Tabela 1 sintetiza as propriedades de pesquisa mencionadas.

| Pesquisa | Adição/substituição no TSL | Proporção (%) | Resistência à compressão (MPa) | Absorção de água (%) |
|--|-------------------------------|---------------|--------------------------------|----------------------|
| Ribeiro <i>et al.</i> (2021) | Resíduo de borracha de pneu | 20 | 0,48 | 35,44 |
| | | 10 | 0,37 | 34,04 |
| | | 0 | 0,45 | 35,13 |
| Cristina <i>et al.</i> (2018) | Fibra vegetal (bucha vegetal) | 10 | 0,44 | 10,35 |
| | | 5 | 0,30 | 9,70 |
| | | 0 | 0,30 | 10,31 |
| Neto, Nepomuceno e Ribeiro (2010) | Solo-cimento sem adição | 3 | 3,45 | - |
| | | 5 | 5,03 | - |
| | | 7 | 7,29 | - |
| | | 9 | 9,33 | - |
| Pinto (2016) | Solo-cimento sem adição | 1 | 0,388 | ND* |
| | | 3 | 2,22 | 13,10 |
| | | 6 | 3,76 | 11,78 |
| | | 10 | 4,62 | 12,39 |
| | | 15 | 7,41 | 11,73 |
| Grande (2003) | Sílica ativa | 10 | 3,00 – 5,02 | 11,3 – 13,9 |
| | Sem sílica ativa | - | 2,71 – 5,52 | 10,4 – 17,7 |

*ND - a amostra se desfez durante o ensaio.

Tabela 1 - Comparação dos estudos sobre resistência à compressão e absorção de água em tijolos e blocos de solo-cimento

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

A comparação na Tabela 1 revela diferenças significativas nos resultados de resistência à compressão e absorção total de água entre os diversos estudos de TSC. Os estudos que utilizaram resíduos na composição das pesquisas geralmente apresentaram resistência à compressão abaixo do padrão exigido pela NBR 8491 (ABNT, 2012a), embora alguns valores tenham se mostrado adequados para a absorção de água. Em contraste, os estudos com foco em uma caracterização mais tradicional dos tijolos de solo-cimento demonstraram melhorias na resistência à compressão e absorção de água. Portanto, isso sugere que a escolha da adição, a metodologia de dosagem e a caracterização impactam significativamente as propriedades mecânicas e de durabilidade dos TSCs.

Programa experimental

Solo

A coleta de solo foi realizada na Praia Queiroz Galvão, situada às margens do lago da usina hidrelétrica (UHE) de Tucuruí, PA. O solo coletado foi retirado abaixo da camada superficial, como especificado na Figura 2, para minimizar a presença de matéria orgânica, raízes, folhas e outros materiais em decomposição. Após a coleta do solo, este foi seco, preparado e armazenado (Figura 2b).



Figura 2 - (a) solo sendo retirado para a pesquisa e (b) solo em secagem
 Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

A caracterização do solo foi conduzida em triplicata e o solo coletado foi preparado, de acordo com a NBR 6457 (ABNT, 2024), para os ensaios de massa específica aparente, limite de liquidez pela NBR 6459 (ABNT, 2017), limite de plasticidade pela NBR 7180 (ABNT, 2016), granulometria pela NBR 7181 (ABNT, 2025a) e compactação pela NBR 7182 (ABNT, 2025b). Os resultados obtidos nesses ensaios estão apresentados na Tabela 2.

| Amostra de Solo | Média |
|----------------------------------|------------------|
| Limite de liquidez LL (%) | 20* |
| Limite de plasticidade LP (%) | 15,31 (5) [30%] |
| Índice de plasticidade IP (%) | 4,70* |
| Teor de umidade higroscópica (%) | 2,29* |
| Densidade (g/cm ³) | 2,46 (0,9) [40%] |

| | |
|---|-----------------|
| Massa específica (g/cm³) | 2,45 |
| % de solo que passa na peneira ABNT 0,075 mm (%) | 52,08 (2) [10%] |
| *apenas uma determinação. | |

Tabela 2 - Resultados médios de caracterização do solo, desvio padrão entre parênteses e coeficiente de variação entre colchetes

*apenas uma determinação

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

A curva granulométrica do solo utilizado, mostrando as porcentagens passantes em cada peneira, pode ser observada na Figura 3.

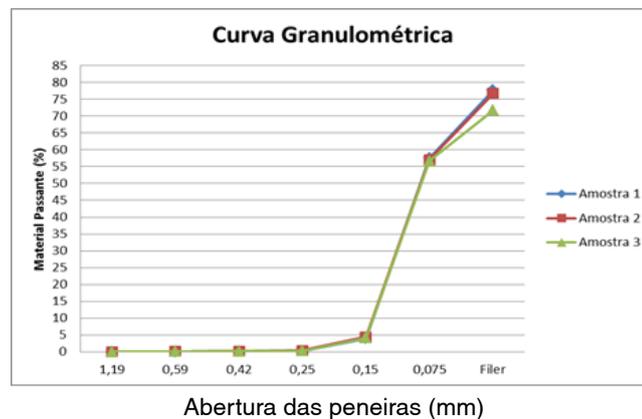


Figura 3 - Curva granulométrica do solo de estudo

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

A NBR 10833 (ABNT, 2013) preconiza que o solo utilizado para a confecção dos TSCs deve apresentar as características listadas na Tabela 2. Os resultados obtidos confirmam que o solo tem as características necessárias para a confecção dos TSCs, conforme evidenciado na Tabela 3. Essa conformidade com a norma permitiu o avanço para a fase de testes de dosagem de mistura. A quantidade ideal de água para a correta compactação do solo cru foi determinada por meio dos ensaios de compactação. Os resultados desses ensaios evidenciaram que a proporção de água necessária para a mistura de solo-cimento foi 10%. O percentual de solo que passou na peneira ABNT 0,075 mm ficou próximo ao máximo permitido e, por isso, os estudos avançaram.

| Características | Requisito (%) | Resultados |
|---|---------------|------------|
| % de solo que passa na peneira ABNT 4,8 mm | 100 | 100 |
| Limite de liquidez | < 40 | 20 |
| Limite de plasticidade | < 18 | 4,70 |
| % de solo que passa na peneira ABNT 0,075 mm | 10 a 50 | 52,08 |

Tabela 3 - Critérios de seleção do solo para fabricação de blocos de solo-cimento conforme a ABNT NBR 10833 (2013)

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

Dosagem, produção e ensaios dos tijolos de solo-cimento

Para a confecção dos TSCs foi utilizado o cimento Portland CP II-32 E, disponível na região e composto com escória granulada de alto-forno (de 6% a 34%), adição de 51% a 94% de clínquer e sulfatos de cálcio e 0% a 15% de material carbonático (NBR 16697, 2018). A escolha dos teores de cimento de 5%, 7,5% e 10%, em massa, foi fundamentada na literatura e apresentada na Tabela 4.

| Teor (%) | Cimento (g) | Quantidade de água (g) | Relação água/cimento (a/c) |
|----------|-------------|------------------------|----------------------------|
| 5,0 | 300 | 720 | 2,4 |
| 7,5 | 450 | 910 | 2,0 |
| 10,0 | 600 | 970 | 1,6 |

Tabela 4 - Relação água/cimento adotada na mistura para produção dos TSCs

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

Dessa forma, as dosagens seguiram um procedimento metodológico padronizado para garantir que variações no processo não influenciassem as características dos TSCs. As misturas foram preparadas em um misturador do tipo argamassadeira com capacidade para 10 kg. Primeiramente, adicionaram-se os materiais secos, incluindo o cimento Portland e o solo previamente preparado, para cada dosagem de 5%, 7,5% e 10%, utilizando 6.000 g de solo para cada teor de cimento. Para todos os teores, os materiais foram homogeneizados durante aproximadamente dois minutos na velocidade 1 do misturador, antes da adição da água.

A adição de água foi realizada durante dois minutos, com o primeiro minuto e meio dedicado à adição gradual da água até alcançar o ponto ideal da mistura e os últimos 30 segundos para a completa homogeneização na velocidade 2. O tempo de mistura foi inicialmente determinado de forma visual, observando-se o tempo necessário para a homogeneização completa e então padronizado para garantir consistência a cada teor.

Para cada 6.000 g de solo foram produzidos dois tijolos. Apesar da quantidade pequena, foi considerada ideal em razão da capacidade da argamassadeira e do rápido uso da mistura, além de minimizar a perda de água do solo. Nesse sentido, a fabricação em pequenas porções foi crucial para evitar variações significativas entre tijolos.

Os TSCs foram produzidos usando uma prensa manual com dimensões da matriz de 250 x 125 mm e furos de 63,65 mm de diâmetro, conforme a NBR 10833 (ABNT, 2013). Além disso, cuidados rigorosos foram tomados para minimizar as diferenças entre os tijolos, incluindo a limpeza da prensa entre cada operação, a remoção de resíduos e a prensagem realizada pelo mesmo operador.

Os TSCs produzidos são exemplificados na Figura 4. Após a fabricação, os tijolos foram imediatamente armazenados em uma câmara úmida com temperatura controlada a 25 °C e umidade relativa de 95%, garantindo que não entrassem em contato direto com a água até o início dos testes.

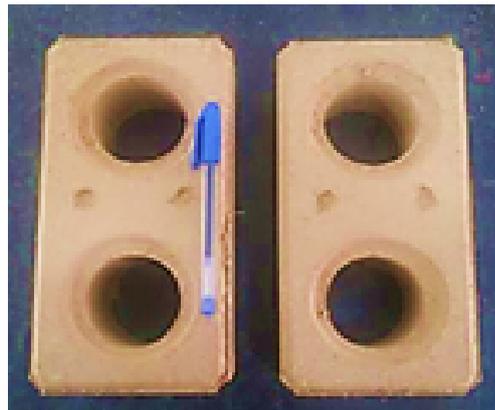


Figura 4 - Exemplo de TSC fabricado
 Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

A Tabela 5 apresenta os detalhes das misturas utilizadas para a produção dos TSCs, incluindo os teores de cimento, a quantidade de solo e água, a relação água/cimento, o tempo de mistura e as dimensões dos TSCs produzidos

| Teor (%) | Cimento (g) | Solo (g) | Água (g) | Relação Água/Cimento (A/C) | Tempo de Mistura (min) | Dimensões (mm) | Diâmetro (mm) |
|----------|-------------|----------|----------|----------------------------|------------------------|----------------|---------------|
| 5,0 | 300 | 6000 | 720 | 2,4 | 4 | 250 x 125 | 63,65 |
| 7,5 | 450 | 6000 | 910 | 2,0 | | | |
| 10,0 | 600 | 6000 | 970 | 1,6 | | | |

Tabela 5 - Relação água/cimento adotada na mistura para a produção dos TSCs
 Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

A NBR 10836 (ABNT, 2013) preconiza os métodos para determinar a resistência à compressão de tijolos e blocos cerâmicos. O ensaio deve ser realizado após um período de cura definido e os corpos de prova devem ser moldados e curados, conforme NBR 12024 (ABNT, 2012c). A NBR 13554 (ABNT, 2012d) trata dos métodos para a avaliação da durabilidade dos TSCs e estabelece o procedimento de molhagem e secagem para simular as condições de envelhecimento. O ensaio inclui 6 ciclos de molhagem em água e secagem. Avaliou-se a perda de massa e a integridade estrutural dos blocos.

O método de ensaio 203 (DNER, 1994) também fornece diretrizes para testes com corpos de prova de TSC, incluindo o procedimento de durabilidade acelerada por meio de 12 ciclos de molhagem e secagem. Esse método especifica o número de ciclos e as condições para garantir uma avaliação precisa da durabilidade dos materiais – secos em estufa a temperatura de 70°±2 °C durante 42 horas. Enquanto a NBR 13554 (ABNT, 2012d) descreve o uso de 6 ciclos de molhagem e secagem para a avaliação de durabilidade, o método de ensaio 203 (DNER, 1994) especifica um total de 12 ciclos para os testes de durabilidade acelerada. Essa diferença pode impactar o resultado.

Assim, os tijolos solo-cimento do estudo foram submetidos a diversos testes para avaliar sua resistência e durabilidade. Inicialmente, os tijolos foram avaliados quanto à resistência à compressão aos 7, 14 e 28 dias de idade, seguindo os procedimentos estabelecidos pela NBR 10836 (ABNT, 2013), NBR 13554 (ABNT, 2012b) e NBR 12024 (ABNT, 2012a). Outros corpos de prova foram avaliados quanto à absorção de água aos 28 dias de cura, conforme especificado pela NBR 10836 (ABNT, 2013). A

determinação da durabilidade foi feita pela perda de massa após ciclos de molhagem e secagem, de acordo com as normas mencionadas.

Para a avaliação da durabilidade acelerada, realizou-se uma adaptação do método descrito na norma DNER-ME 203 (Dner, 1994). Os tijolos foram submetidos a um ciclo de molhagem e secagem que incluiu a imersão dos corpos de prova em água à temperatura ambiente por 5 horas. Após a imersão, os tijolos foram secos em estufa a 70 ± 2 °C por 42 horas. Em seguida, foram submetidos a um processo de escovação repetida de 20 vezes, completando um ciclo. Este ensaio incluiu um total de 12 ciclos consecutivos para a avaliação da perda de massa, diferindo do número de ciclos recomendado pela NBR 13554 (ABNT, 2012d).

Para simular as condições de envelhecimento natural, os tijolos foram expostos ao ambiente externo durante um mês, passando por condições climáticas naturais, como radiação solar, calor, temperatura e chuva. Após esse período, os tijolos foram analisados, de forma residual, quanto à resistência à compressão simples, de acordo com a NBR 10836 (ABNT, 2013).

Sendo assim, os procedimentos adotados no estudo abrangem as normas para resistência e absorção, enquanto a adaptação do método de durabilidade e a exposição a condições naturais fornecem uma análise mais abrangente sobre o desempenho dos tijolos em situações reais.

Resultados

A Tabela 6 apresenta os resultados médios dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água, com base em três amostras para cada condição de estudo, conforme especificado pela NBR 10836 (ABNT, 2013).

| Idade | Valor médio de resistência à compressão (MPa) e desvio padrão (entre parênteses) | | |
|--|--|-------------|-------------|
| | 5,0% | 7,5% | 10,0% |
| | 0,50 (0,02) | 0,57 (0,16) | 1,19 (0,23) |
| 7 | 0,29 (0,00) | 0,82 (0,13) | 1,17 (0,14) |
| 14 | 0,46 (0,05) | 1,32 (0,21) | 1,93 (0,25) |
| 28 | 0,35* | 0,83 (0,09) | 1,06 (0,44) |
| Após ciclos de envelhecimento acelerado | 0,12 (1,0) | 0,82 (1,0) | 1,05 (1,05) |
| Após envelhecimento natural | 1,9 (0,07) | 1,5 (0,47) | 1,5 (0,25) |
| Absorção de água (%) | 20% | 16% | 15% |

*apenas uma amostra pode ser ensaiada.

Tabela 6 - Valores médios de resistência à compressão dos TSCs por idade e teor de cimento aos 7 dias, 14 e 28 dias de idade, após o ciclo de envelhecimento acelerado e natural e valores médios de índice de absorção de água. Desvio padrão entre parênteses.

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

Os requisitos estabelecidos pela NBR 8491 (ABNT, 2012b) determinam que a absorção de água média dos TSCs não deve exceder os 20% e os valores individuais devem permanecer abaixo de 22%. Conforme representado na Tabela 5, todos os teores atenderam a esses critérios de maneira satisfatória, sendo o teor de 5,0% o mais próximo do limite preconizado na norma.

A NBR 8491 (ABNT, 2012b) preconiza que, para que os tijolos confeccionados com a mistura de solo-cimento sejam considerados satisfatórios, eles devem apresentar uma resistência mínima individual de 1,7 MPa e uma média de 2 MPa aos 28 dias. A Figura 5 relaciona os teores de cimento, a absorção de água e a resistência à compressão obtidos dos TSCs estudados.

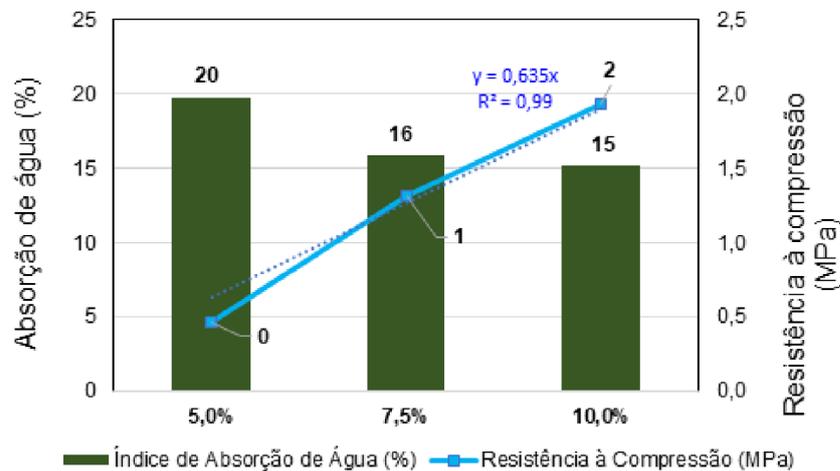


Figura 5 - Resistência à compressão e absorção de água dos TSCs aos 28 dias
Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

Nos ensaios realizados, os tijolos com 5% de adição de cimento mostraram uma redução significativa na resistência após 7 dias em comparação com os tijolos com os teores de 7,5% e 10,0%. Isso sugere que o teor de adição pode ter sido insuficiente para atingir a resistência desejada.

Após os ciclos de molhagem, secagem e escovação, os corpos de prova apresentaram fragmentações para todos os teores testados (Figura 6a). Da mesma forma, ocorreu para os corpos de prova com envelhecimento natural (Figura 6b).



Figura 6 - TSC produzido e testado com aspectos de fragmentação após escovação mecânica: (a) antes e (b) após a exposição natural

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

Durante a execução dos testes de durabilidade, constatou-se que os TSCs não resistiram aos 12 ciclos estipulados, pois já evidenciavam sinais de quebra ao final do primeiro ciclo, conforme mostrado na Figura 6.

Os TSCs foram então preparados de acordo com a NBR 10836 (ABNT, 2013) e submetidos a testes de compressão para avaliar a variação dos resultados obtidos

para todos os teores. Os TSCs fabricados com 5,0% de cimento não resistiram ao teste de compressão, rompendo-se ao final do período de avaliação, conforme a Tabela 5. Entre as amostras testadas, apenas uma permaneceu compactada, sendo testada igualmente com o intuito de verificar a magnitude da redução na resistência. Portanto, foi possível constatar que os TSCs testados com os teores 5%, 7,5% e 10% não apresentaram resultados de forma satisfatória aos testes de compressão residual após os ciclos e a escovação mecânica.

Discussão geral

A NBR 10836 (2013) define os parâmetros mínimos para a aceitação dos blocos vazados de solo-cimento, incluindo os testes de compressão e absorção realizados no presente estudo. Para cada ensaio, realizaram-se três amostras, garantindo a quantidade mínima necessária para avaliação. Os ensaios de resistência à compressão com os teores de 5%, 7,5% e 10% demonstraram-se não satisfatórios, uma vez que não atingiram a resistência média mínima exigida pela norma.

Em contrapartida, os TSCs com 10% atingiram levemente acima da resistência mínima individual. Em contrapartida, no teste de absorção, os três teores testados apresentaram resultados satisfatórios. No entanto, os TSCs com 7,5% e 10,0% apresentaram resultados melhores em comparação aos 5,00%.

Nos testes de durabilidade por meio do envelhecimento acelerado, todos os teores estudados não conseguiram resistir aos ensaios realizados de acordo com o método de ensaio 203 (Dner, 1994), não sendo possível completar nenhum ciclo.

Quanto aos ensaios de durabilidade por envelhecimento natural, nenhum dos teores testados apresentou os valores mínimos exigidos nos ensaios de resistência à compressão.

A partir dos resultados obtidos, observou-se que o teor de 5,0% sobre a massa de solo não é adequado para a confecção dos TSCs com o solo característico da região, pois não apresenta a resistência necessária aos 28 dias de cura e não resiste aos ensaios de durabilidade. Embora a absorção esteja abaixo do limite estabelecido, é mais alta que os teores de 7,5% e 10%.

Os TSCs de 7,5% também não apresentaram resultados satisfatórios nos ensaios aos 28 dias nem nos testes de durabilidade. Já o teor de 10% apresentou os melhores resultados entre os teores, alcançando a resistência mínima individual aos 28 dias. No entanto, os testes de compressão utilizados para a avaliação da durabilidade, após o envelhecimento natural, não atingiram os valores mínimos de resistência.

A absorção de água dos TSCs mostrou baixa resistência após os testes de durabilidade natural e não sendo possível a realização por envelhecimento acelerado, pelos ciclos de molhagem e secagem. Apesar disso o TSC com adição de 10% apresentou as melhores características de desempenho geral entre os três teores testado, embora com as falhas de durabilidade apresentadas. Tais resultados, todavia, não inviabilizam uma eventual utilização dos blocos com o teor de 10,0%. Para tanto, duas condições se fariam necessárias: limitar o uso dos TSC a ambientes internos e secos, portanto, isento de intempéries e/ou utilizar aditivos impermeabilizantes, promovendo inspeções periódicas quanto à integralidade do material.

Considerações finais

Neste trabalho, investigou-se a influência do teor de cimento, expresso em massa (g) na mistura de solo-cimento, utilizando solo da região do lago da UHE Tucuruí, PA. Os ensaios incluíram resistência à compressão aos 28 dias, absorção de água e durabilidade por envelhecimento acelerado e natural, com teores de 5%, 7,5% e 10% em massa.

A análise resultou em uma visão detalhada sobre o teor de cimento e seu impacto nas propriedades dos TSCs. A partir disso, algumas tendências puderam ser constatadas, com as seguintes conclusões gerais:

- o teor de 10% de cimento obteve os melhores resultados em resistência, absorção e durabilidade;
- o aumento do teor de cimento melhorou as propriedades dos tijolos; e
- os tijolos com 10% de cimento ainda apresentaram limitações na durabilidade a longo prazo.

Isso evidencia a necessidade de reformulação das misturas e a viabilidade dos TSCs como uma solução sustentável e econômica para a construção em regiões remotas, mas também ressalta a necessidade de ajustes nas proporções de cimento para alcançar melhores resultados.

Referências

- ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). *Dosagem das misturas de solo-cimento normas de dosagem e métodos de ensaios*. São Paulo: Publicações ABCP, 1980.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 6457: Solos — Preparação de amostras para ensaios de compactação, caracterização e determinação do teor de umidade*. São Paulo: ABNT, 2024.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 6459 – Solo - Determinação do limite de liquidez. Método de ensaio*. São Paulo: ABNT, 2017.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 7180 – Solo - Determinação do limite de plasticidade. Método de ensaio*. São Paulo: ABNT, 2016.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 7181 – Solo – Análise granulométrica. Método de ensaio*. São Paulo: ABNT, 2025a.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 7182 – Solo – Ensaio de compactação. Método de ensaio*. Rio de Janeiro: ABNT, 2025b.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 8491:2012 – Tijolo de solo-cimento – Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2012b.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 8492:2012* – Tijolo de solo-cimento: análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012a.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 12024:2012* – Solo-cimento: moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012c.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 13554:2012* – Solo-cimento – Ensaio de durabilidade por molhagem e secagem – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012d.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 16697:2018* – Cimento Portland. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 10836* – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BELLMORE, A.; FRANCES, S. Palace of the Governors. From Old Santa Fe Today, 5th edition. *Historic Santa Fe*, [s. l.], 2024. Disponível em: <https://www.historicsantafe.org/palace-of-the-governors>.

BORGES, Y.; OLIVEIRA, B.; BOSCOV, M. E. ; MASCARENHA, M. Technical feasibility analysis of using phosphogypsum, bentonite and lateritic soil mixtures in hydraulic barriers. *SOILS & ROCKS*, [s. l.], v. 46, p. e2023009622-10, 2023. DOI:10.28927/SR.2023.009622.

CALDAS, L. R.; TOLEDO FILHO, R. D. Avaliação ambiental do sistema construtivo de alvenaria de blocos de solocimento considerando diferentes especificações de projeto. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 16, n. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/gtp.v16i2.161978>.

CRISTINA, P.; SALOMÃO, P. E. A.; CANGUSSÚ, L.; CARVALHO, P. H. V. de. Brick solo cement with vegetable fiber addition: an alternative in civil construction. *Research, Society and Development*, [s. l.], v. 7, n. 9, p. e779439, 2018. DOI: 10.17648/rsd-v7i9.439.

DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem). *DNER-ME 203*: Solo-cimento: determinação da durabilidade através da perda de massa por molhagem e secagem: Método de ensaio. Rio de Janeiro: Dner, 1994.

CARVALHO, J. C. *Solo como material de construção*. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. 3. ed. São Paulo: Ibracon, v. 1, 2017.

GRANDE, F. M. *Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa*. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. DOI:10.11606/D.18.2003.tde-07072003-160408.

IPÊ (Instituto de Pesquisas Ecológicas). *Projetos do IPÊ estão comprometidos com a agenda global dos ODS*. São Paulo: IPÊ, 2022. Disponível em: <https://ipe.org.br/noticias/projetos-do-ipe-estao-comprometidos-com-a-agenda-global-dos-ods/>. Acesso em: 5 mar. 2025.

KOUAKU, C. H.; MOREL, J. C. Strength and elasto-plastic properties of non-industrial buildings materials manufactured with clay as a natural binder, *Applied Clay Science*, [s. l.], v. 44, n. 1-2, p. 27-34, 2009.

LIMA, A. C.; CRUZ, G. *Aplicação de cal hidratada em suspensão em um solo laterítico para mitigação de processos erosivos*. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) — Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2016.

LÔBO, J. M. C.; FERNANDES, R. de O.; MORAIS, J. M. P. de; BARBOZA, E. N.; SILVA, E. M. da. Market analysis of soil-cement ecological brick in the Cariri Metropolitan Region. *Research, Society and Development*, [s. l.], v. 9, n. 8, p. e180984966, 2020. DOI:10.33448/rsd-v9i8.4966.

MORAIS, L. S.; LIMA JR., J. C.; MORAIS, G. F.; BORGES, Y. I. S.; ANTUNES, A. F. N. R.; MASCARENHA, M. M. A. Estudo do colapso de misturas solo, fosfogesso e bentonita visando o uso em camada de barreira hidráulica. *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, Goiás, v. 19, p. 167-179, 2023.

MUÑOZ, J. E. A.; TENESACA, N. P. C. Factibilidad de la construcción con tierra en la ciudad de Loja. 1995. Trabajo de Titulación de Arquitecto. *RIUTPL*, [s. l.], 1995. Disponível em: <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/18310>. Acesso em: 5 mar. 2025.

NASCIMENTO, R. O.; MASCARENHA, M. M. A.; ANGELIM, R. R.; OLIVEIRA, R. B.; SALES, M. M.; LUZ, M. P. Uso de solução de cal para mitigação de processos erosivos em um solo da UHE de Itumbiara. *Geociências*, São Paulo, v. 38, p. 279-295, 2019.

NETO, A. F. L.; NEPOMUCENO, C. L.; RIBEIRO, J. S. Estabilização de solos típicos da região do lago de Tucuruí - PA para utilização na pavimentação. In: 4º CONGRESSO DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE, 2010, São Paulo. *Anais [...]*. São Paulo: Coninfra, 2010.

OLIVEIRA, L. M. *Estudo experimental de uso de solução de cal para estabilização de um solo saprolítico de talude de erosão*. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) — Universidade Federal de Goiás, 2018.

PETRINA, A. Templo y Convento de San Francisco. *Argentina.gob.ar*, [s. l.], 2024. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/capital-humano/cultura/monumentos/templo-y-convento-de-san-francisco>. Acesso em: 5 mar. 2025.

PICORELLY, L. C. Construção de terra: Parte 2.7. *Cidades e monumentos de Adobe*, Novo México, 2025. Disponível em: <https://lecycorelli-bioarquitetura.blogspot.com/2011/08/construcao-de-terraparte-27-cidades-e.html>. Acesso em: 11 fev. 2025.

PINTO, E. S. *Solo-cimento compactado: proposta de métodos de ensaio para dosagem e caracterização física e mecânica*. 2016. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade Estadual Paulista (Unesp), Bauru, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/147987>. Acesso em: 5 mar. 2025.

RIBEIRO, V. A. dos S.; WERDINE, D.; BARBOSA, L. F.; PINHEIRO, M. V.; OLIVEIRA, A. F.; ALVES, A. L. Q.; SILVA, L. R. R. Brick soil cement with addition of tire rubber waste. *Research, Society and Development*, [s. l.], v. 10, n. 12, p. e253101220504, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i12.20504.

SALOMÃO, P. E. A.; SILVA, B. A.; BARBOSA, F. A. Chemical stabilization of franco texture soil: addition of lime and cement. *Research, Society and Development*, [s. l.], v. 8, n. 5, p. e50851019, 2019. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/1019>. Acesso em: 5 mar. 2025.

SILVA, F. S.; CASTRO, A. P. A. S. *Incentivo ao uso de produtos de baixo impacto ambiental por meio da disciplina de materiais de construção civil*. Salto: Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio, 2003.

TAVEIRA, E. S. N. *O solo-cimento no campo e na cidade*. Construir, morar, habitar. 2. ed. São Paulo, SP: Ícone Editora, 1987.

Submetido 23/09/2024. Aprovado 07/10/2024
Avaliação: revisão duplo-anônimo

Otimização do movimento de um robô móvel por meio de algoritmos evolucionários

OPTIMIZATION OF MOBILE ROBOT MOVEMENT USING EVOLUTIONARY ALGORITHMS
OPTIMIZACIÓN DEL MOVIMIENTO DE UN ROBOT MÓVIL MEDIANTE ALGORITMOS
EVOLUTIVOS

Willian Martins Leão

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet/MG)
willian.leao@cefetmg.br

Fabiana Alves Pereira

Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
apereira.fabiana@gmail.com

Resumo

O presente trabalho aborda a aplicação de algoritmos evolucionários com o intuito de encontrar a rota e os parâmetros ótimos de um controlador de movimento, visando aproveitar melhor a dinâmica de um robô móvel. O estudo foi realizado por meio do simulador CoppeliaSim, que utiliza um controle de movimento para deslocar um robô móvel em um cenário com 16 pontos de passagem distribuídos de maneira não uniforme, sujeito a quedas e movimentos indesejados. Dessa forma, os parâmetros do controlador e a rota são otimizados a partir da combinação de um algoritmo genético e um algoritmo de evolução diferencial, com o objetivo de fazer com que o robô móvel passe nos 16 pontos no menor tempo possível. Essa combinação de técnicas de inteligência artificial propiciou uma variedade maior de soluções e, conseqüentemente, um tempo de deslocamento otimizado, além de eliminar soluções que resultavam em quedas ou movimentos orbitais do robô móvel.

Palavras-chave: algoritmo de evolução diferencial; algoritmo genético; controle; robótica evolucionária.

Abstract

This work explores the use of evolutionary algorithms to determine the optimal route and parameters for a motion controller, aiming to maximize the dynamic performance of a mobile robot. The simulations were carried out in Coppelia Sim, where the controller guides the robot through a scenario consisting of 16 waypoints, unevenly distributed and prone to falls or erratic movements. By combining a genetic algorithm with a differential evolution algorithm, the controller parameters and route were optimized to ensure the robot navigates all 16 points in the shortest possible time. This integration of artificial intelligence techniques not only expanded the range of potential solutions but also optimized travel time, while discarding those that result in falls or unstable robot behavior.

Keywords: differential evolution algorithm; genetic algorithm; control; evolutionary robotics.

Resumen

Este trabajo investiga la aplicación de algoritmos evolutivos para hallar la ruta y los parámetros óptimos de un controlador de movimiento, con el objetivo de optimizar el rendimiento dinámico de un robot móvil. El estudio se llevó a cabo utilizando el simulador CoppeliaSim, donde se emplea un control de movimiento para desplazar un robot móvil en un escenario con 16 puntos de paso, distribuidos de manera no uniforme, sujeto a caídas y movimientos no deseados. De este modo, los parámetros del controlador y la ruta se optimizan mediante la combinación de un algoritmo genético y un algoritmo de evolución diferencial para que el robot móvil atravesara los 16 puntos en el menor tiempo posible. Esta combinación de técnicas de inteligencia artificial proporcionó una mayor variedad de soluciones y, en consecuencia, un tiempo de desplazamiento optimizado, además de descartar soluciones que condujeron a caídas o movimientos inestables del robot móvil.

Palabras-Clave: algoritmo de evolución diferencial; algoritmo genético; control; robótica evolutiva.

Introdução

A intenção de elaborar ferramentas que atuem de maneira autônoma e regular no meio em que vivemos, superando as limitações humanas, coloca a robótica como expectativa de paradigma nas tarefas industriais e domésticas do tempo presente.

Assim, a inteligência artificial tem desempenhado um papel de destaque em um novo mundo que demanda maior integração de informações e a busca por soluções eficientes para diversos problemas. Um dos ramos da inteligência artificial é a computação evolucionária, que utiliza técnicas inspiradas na evolução genética e em outros modelos de sistemas biológicos. A união dessa área com a robótica dá origem a um novo campo em pleno crescimento: a robótica evolucionária.

A Robótica Evolucionária (RE) é um método para o desenvolvimento de robôs autônomos. Diferentes abordagens de RE são apontadas em Iba (2008), o que inclui tópicos que vão desde sistemas de multi-robôs, com comportamento emergente de uma evolução ou interação, até o planejamento evolucionário de robôs e a otimização de parâmetros de controladores aplicados em robótica.

Em Tang *et al.* (2020) foi desenvolvido um planejamento de caminho de multi-robôs usando otimização autoadaptativa por enxame de partículas. A proposta era gerar um caminho livre de obstáculos e prevenir colisões de cada robô, além de garantir a chegada simultânea de cada robô ao destino, enquanto o comprimento total do caminho do sistema multi-robô é minimizado.

Os parâmetros do modelo do robô são otimizados por meio do Algoritmo Genético (AG) em Sami e Momen (2019), visando reduzir o consumo de energia de multi-robôs utilizados na tarefa de limpeza. Outros trabalhos focam nos controladores de robôs móveis, com seus ganhos sendo otimizados por algoritmos genéticos em Shim e Kim (1995), Ito, Iwasaki e Matsui (2001), e por programação genética em Walker e Messom (2002).

Diferentes algoritmos evolutivos são comparados em Parque e Miyashita (2020) para busca de um ajuste adequado de curvas suaves para trajetórias de robôs móveis para avaliar diferentes modos de inicialização da população, pressão de seleção, exploração e exploração durante a amostragem.

Em Freitas, Cohen e Guimarães (2023) são implementados dois tipos de planejadores de rotas baseados em splines que levam em conta a prevenção de obstáculos, o comprimento e a suavidade das rotas. Para tal, é implementado um algoritmo diferencial adaptativo, que utiliza uma redução linear da população a partir de um tamanho inicial da população, além de controlar de forma adaptativa os parâmetros

do algoritmo de evolução diferencial clássico – fator de escala e a probabilidade de cruzamento –, o que propicia uma melhoria na convergência do algoritmo.

Um algoritmo de campo potencial artificial baseado em evolução diferencial foi implementado em Zhang *et al.* (2024), a fim de otimizar a trajetória de veículos guiados automatizados para tarefas de inspeção e esterilização em ambientes internos para aliviar a escassez crítica de profissionais de saúde obtendo melhorias. Os resultados alcançados consistiram em melhorias na redução do comprimento do caminho como garantia de uma distância segura entre os obstáculos em comparação aos métodos de Abordagem por Janelas Dinâmicas (Dynamic Window Approach – DWA) e o algoritmo de Árvores Aleatórias de Exploração Rápida (Rapid Exploration Random Tree – RRT).

Na robótica evolucionária há duas abordagens: evolução off-line e evolução on-line. Na primeira, o algoritmo evolucionário é aplicado antes do período de funcionamento do robô. Já a segunda abordagem consiste em aplicar um algoritmo evolucionário durante a operação do robô.

Assim, o presente trabalho consiste em aplicar algoritmos evolucionários off-line, no intuito de encontrar a rota e os parâmetros ótimos de um controlador de movimento, visando reduzir o tempo de deslocamento entre os pontos de passagem de um robô móvel.

Problema

Dado um espaço plano de $5,0 \times 5,0$ m, o robô deve atravessar 16 pontos de passagem, distribuídos irregularmente ao longo do cenário. Esse robô está sujeito a duas condições indesejadas: queda e movimento de órbita. A queda diz respeito a algum movimento brusco que o robô possa fazer, lançando-o para fora do cenário, como é mostrado na Figura 1. Nessa figura, a linha preta contínua, que parte da origem (centro do cenário), representa o caminho percorrido pelo robô, enquanto os pontos amarelos indicam as passagens já atravessadas, e os pontos pretos representam os pontos ainda não alcançados pela trajetória.

Uma razão para esse inconveniente são os altos ganhos do controlador que geram velocidades maiores e movimentos bruscos que podem ou não implicar em queda do robô móvel para fora do cenário. Outro motivo é a combinação de parâmetros do controlador que podem implicar em um movimento mais aberto, de tal maneira que haja a queda a depender da rota executada.

O segundo problema é o movimento de órbita ilustrado na Figura 2. O movimento de órbita é indesejado, pois o robô não consegue se aproximar de uma distância mínima em que possa ser considerado como ter cruzado o ponto de passagem, o que implicaria em ficar em tempo indefinido nessa região.

A combinação de parâmetros de controlador pode resultar ou não no movimento de órbita do robô móvel sobre um ponto de passagem, dependendo da rota executada. Portanto, a rota ótima não implica naquela com menor distância entre os pontos, como é dado pelo problema do caixeiro viajante, mas consiste na rota que possibilita o melhor aproveitamento da dinâmica do robô móvel para executar, no menor tempo possível, o deslocamento entre os pontos de passagem.

Assim, a proposta de algoritmo evolutivo aqui empregado visa obter o menor tempo de deslocamento de um robô móvel entre os 16 alvos, de forma a garantir que não ocorra movimento de órbita e queda.

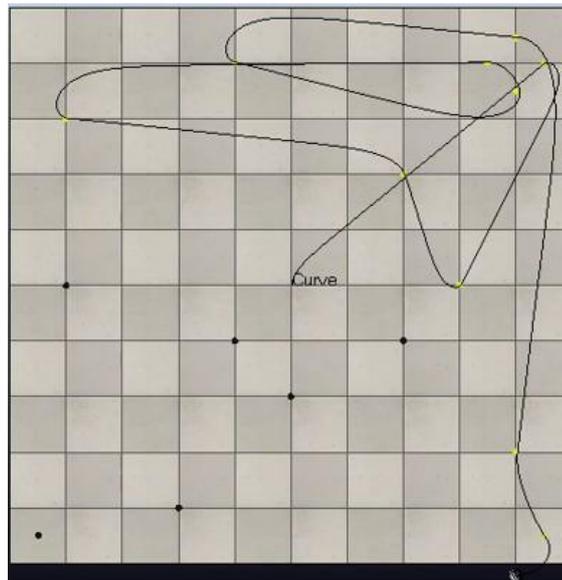


Figura 1 - Movimento de queda de um robô móvel para fora do cenário

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

Controlador

O controlador adotado foi proporcional com bias (peso fixo), que corresponde a uma velocidade de rotação das rodas do robô móvel para avanço até um ponto de passagem. O controlador proporcional realiza o controle de orientação do robô móvel em direção de um ponto de passagem desejado. O ângulo desejado para o robô móvel é calculado em todos os instantes pela equação:

$$\theta_s = \arctan \frac{y_p - y_r}{x_p - x_r} \quad (1)$$

Nesse caso, sendo y_p a posição em y do robô; y_r a posição em y do ponto de passagem desejado; x_p a posição em x do robô; x_r a posição em x do ponto de passagem desejado; θ_s o ângulo de orientação desejado para o robô.

Já o erro angular, ou seja, o erro na orientação do robô, é calculado por:

$$\theta_e = \theta_s - \theta_r \quad (2)$$

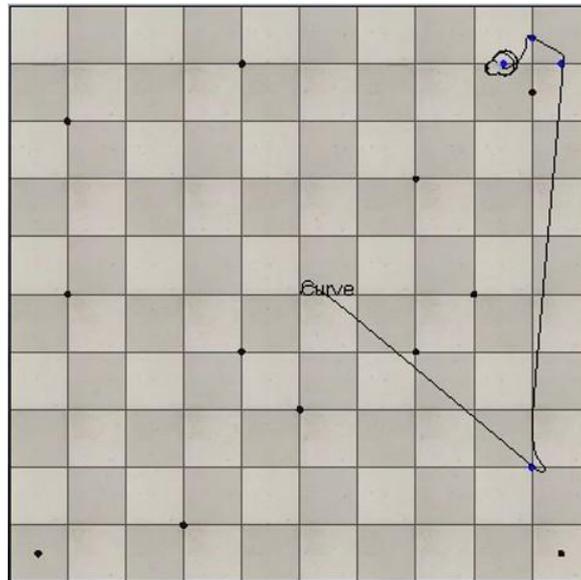


Figura 2 - Movimento de órbita de um robô móvel sobre um ponto de passagem

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

Assim, o θ_e corresponde ao erro de orientação do robô, entre $(-\pi, \pi]$; θ_s o ângulo de orientação desejado para o robô; θ_r o ângulo de orientação atual do robô. O controlador de movimento adotado no robô móvel é dado por:

$$\omega_{dir} = \omega_{av} + k_p \cdot \theta_e \quad (3)$$

$$\omega_{esq} = \omega_{av} - k_p \cdot \theta_e \quad (4)$$

Sendo ω_{dir} e ω_{esq} as velocidades angulares das rodas direitas e esquerdas respectivamente; ω_{av} a velocidade angular fixa das rodas para o avanço do robô móvel; k_p o ganho proporcional; θ_e o erro do ângulo de orientação.

Proposta aplicada

A proposta deste trabalho é encontrar a solução que combine uma rota e os parâmetros do controlador, resultando no menor tempo de movimento de passagem de todos os alvos, partindo o robô da origem do cenário. Para isso, será utilizado um AG para otimizar a rota e um algoritmo de evolução diferencial autoadaptativo (self adaptive differential evolution – SaDE) para otimizar os ganhos do controlador de movimento.

O algoritmo de SaDE utilizado foi proposto em Qin e Suganthan (2005), e tem como característica um método para definir a probabilidade de aplicação entre dois métodos de mutação, baseado no número indivíduos mutados permanecidos (sucesso) e não permanecidos na próxima geração (fracasso). O método é dado por:

$$p_1 = \frac{ns1 \cdot (ns2 + nf2)}{ns2 \cdot (ns1 + nf1) + ns1 \cdot (ns2 + nf2)} \quad (5)$$

Nesse contexto, sendo $ns1$ e $ns2$ o número de indivíduos dentro de um período de aprendizagem que obtiveram sucesso em permanecer na próxima geração e que são resultado de um método de mutação 1 e de um método de mutação 2 respectivamente; $nf1$ e $nf2$ são o número de indivíduos dentro de um período de aprendizagem que foram descartados para a próxima geração, sendo resultado de um método de mutação 1 e de um método de mutação 2 respectivamente. Esses métodos 1 e 2 são métodos quaisquer que foram definidos pelo usuário do algoritmo autoadaptativo.

O método autoadaptativo da Equação 5 foi empregado de três formas. Uma para definir qual método de mutação do Algoritmo de Evolução Diferencial (AED), usado para otimizar o controlador, obtém maior taxa de sucesso. O segundo caso é para definir qual método de mutação do AG, usado na otimização das rotas, oferece maior taxa de sucesso para aumentar o *fitness*. Já o terceiro caso consiste em gerenciar se há maior probabilidade de haver modificação das rotas ou dos parâmetros do controlador, favorecendo a alteração que tem maior taxa de sucesso de otimizar a população.

Para tanto, define-se a soma de todos os sucessos e fracassos para a mutação de rotas como $ns1$ e $nf1$, e a soma de todos os sucessos e fracassos para a mutação de parâmetros do controlador como $ns2$ e $nf2$. Dessa maneira, o programa nunca realiza modificações de rota e parâmetros do controlador ao mesmo tempo, o que poderia indicar uma falsa contribuição de uma das modificações.

O método de seleção por sobrevivência foi aplicado nas rotas e nos parâmetros do controlador, com a diferença que o método foi utilizado com o intuito de conservar os maiores *fitness*, o que o difere do método clássico, em que o problema é de minimização.

Definição dos hiperparâmetros em comum

Em ambas as abordagens (AG e AED), o tamanho da população foi de dez indivíduos, sendo cada um composto de uma rota e dois parâmetros do controlador. O critério de parada do programa foi 200 gerações. O cálculo de *fitness* adotado foi:

$$f_i = \frac{1000}{1 + t_i} \quad (6)$$

Assim, sendo f_i e t_i o *fitness* e o tempo gasto para que o robô móvel passe nos 16 pontos de passagem, dada uma rota e uma combinação de parâmetros do controlador definidos pelo indivíduo i da população do algoritmo evolucionário aplicado. Com essa definição de *fitness*, o problema de otimização é de maximização.

Os casos em que há problemas de queda do robô móvel para fora do cenário ou em que há movimentos de órbitas sobre pontos de passagem foram penalizados com a definição de tempo t_i igual a 240 segundos. Portanto, todas as rotas e os parâmetros de controlador são definidos com o mesmo valor de *fitness*.

Definição dos hiperparâmetros do SaDE

Os hiperparâmetros do SaDE foram definidos com um intervalo de busca para as velocidades de avanço de 5 a 40 rad/s e um intervalo de busca para o ganho proporcional de 10 a 60 s⁻¹. Esses valores foram escolhidos de forma a garantir velocidades baixas, que não necessariamente contribuiriam para o melhor tempo, e velocidades altas, nas quais o robô móvel certamente cairia para fora do cenário. Dessa forma, o algoritmo SaDE encontrará o limite para obter um menor tempo de deslocamento do robô sem gerar problemas de movimentação. Os métodos utilizados para a mutação são os:

$$\text{DE/best/1: } V_{i,G} = X_{best,G} + F \cdot (X_{r1,G} - X_{r2,G})$$

$$\text{DE/rand/1: } V_{i,G} = X_{r1,G} + F \cdot (X_{r2,G} - X_{r3,G})$$

Nesse caso, sendo que, para cada vetor alvo $X_{i,G}$ de uma geração G , está associado um vetor mutante $V_{i,G} = \{\omega_{avi,G}, k_{pi,G}\}$, no qual $\omega_{avi,G}$ e $k_{pi,G}$ são a velocidade de avanço e o ganho proporcional de um indivíduo i de uma geração G respectivamente.

O primeiro método de mutação garante uma velocidade maior de convergência, e o segundo uma diversificação maior nas variáveis dos indivíduos da população. As probabilidades de mutação entre os métodos foi definida pelo algoritmo autoadaptativo proposto por Qin e Suganthan (2005), conforme a Equação 5, com probabilidade inicial de 50% para ambos os métodos.

O fator de evolução (F) é escolhido aleatoriamente, dentro de uma distribuição gaussiana dada por $N(\mu = 0,7 \text{ e } \sigma = 0,3) \in (0, 2]$ para cada variável no indivíduo da população, garantindo uma diversidade maior da população quanto aos parâmetros do controlador.

O método de recombinação utilizado é a recombinação discreta e a probabilidade de recombinação para SaDE ($p_r, sade$) foi definida por uma distribuição gaussiana $N(\mu = 0,5 \text{ e } \sigma = 0,1)$, que tem seu valor atualizado a cada cinco gerações.

Nas soluções que obtiveram parâmetros do controlador fora do domínio de busca, aplicou-se o operador de reflexão.

Definição dos hiperparâmetros do AG

Os hiperparâmetros do AG são representados pela mutação, sendo cada indivíduo uma lista de número inteiros no intervalo de 1 a 16, em que cada número corresponde a ponto de passagem no cenário do problema dado na Seção 2. Em outras palavras, cada lista representa uma rota pela qual o robô móvel passará, sendo que o cruzamento não intencional do robô móvel em um ponto de passagem não é considerado para a execução do movimento.

A partir deste ponto do texto, o uso da palavra “rotas” será aplicado em vez de “AG”, com o objetivo de enfatizar para qual hiperparâmetro ou análise cada procedimento está sendo realizado. No entanto, os métodos de mutação e recombinação que serão apresentados para as rotas derivam da teoria de algoritmos genéticos (AGs). Os métodos de mutação para as rotas são de inserção e inversão para representação por permutação, conforme disposto em Eiben e Smith (2015).

As probabilidades de mutação entre os métodos foi definida pelo método do algoritmo autoadaptativo proposto por Qin e Suganthan (2005), conforme definido no início da Seção 4.1, com probabilidade inicial de 50% para ambos os métodos. Assim,

também o método de seleção por sobrevivência típico do AED foi utilizado para garantir que as melhores soluções fossem conservadas.

O propósito, portanto, foi aproveitar as características típicas da abordagem de computação evolucionária com o AG, sendo o último já bem aceito para a representação por permutação. Assim, no intuito de explorar mais o mecanismo do AED, o AG aqui aplicado teve sua ordem de execução alternada, passando a realizar a mutação de cada indivíduo da população primeiramente e, em seguida, de acordo com a probabilidade de recombinação das rotas, as soluções são recombinadas com uma rota de solução escolhida da população por torneio de cinco indivíduos. Isso garante que a recombinação seja sempre realizada com uma rota mutada, aumentando a diversidade das rotas para soluções.

O método de recombinação utilizado foi do tipo por ordem, de acordo com Eiben e Smith (2015). A probabilidade de recombinação é dada por uma distribuição gaussiana $N(\mu = 0, 2 \text{ e } \sigma = 0, 1)$, que tem seu valor atualizado a cada gerações. Esse valor reduzido foi escolhido para que haja pouca troca de informações entre os indivíduos e a diversidade na população no decorrer das gerações.

Simulação

No intuito de validar a proposta, no software CoppeliaSim® foi simulada a operação do robô móvel Lumibot, posicionado em um cenário 5,0 x 5,0 m com 16 pontos de passagem fixos e distribuídos de forma irregular, conforme pode ser visualizado na vista superior apresentada na Figura 3.

O teste realizado foi configurado com o passo de tempo de simulação de 50 ms. O robô tem informação da sua posição e do ponto de passagem a ser alcançando a todo instante.

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado por meio das linguagens Lua e Python. Em Lua, foram desenvolvidos os algoritmos por meio de scripts embarcados no software CoppeliaSim: os scripts de customização e scripts filhos (ou child scripts), a partir de API Regular em um child script sem thread, e os códigos em Python utilizaram uma Application Programming Interface (API) Remota do CoppeliaSim. A estrutura do software CoppeliaSim é resumida na Figura 4.

O primeiro foi utilizado para executar ações independentemente da simulação estar ou não em andamento, como a reinicialização do cenário, o gerenciamento da medição dos tempos de realização e da definição das rotas e dos parâmetros do controlador de cada teste (indivíduo) dentro de uma geração. Já o segundo associa um algoritmo para um objeto do cenário, nesse caso é o controlador proporcional com bias no robô móvel.

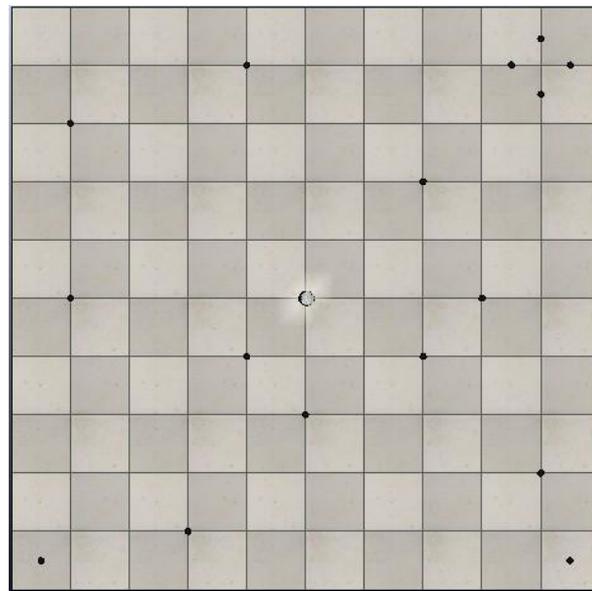


Figura 3 - Cenário de simulação do robô móvel

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

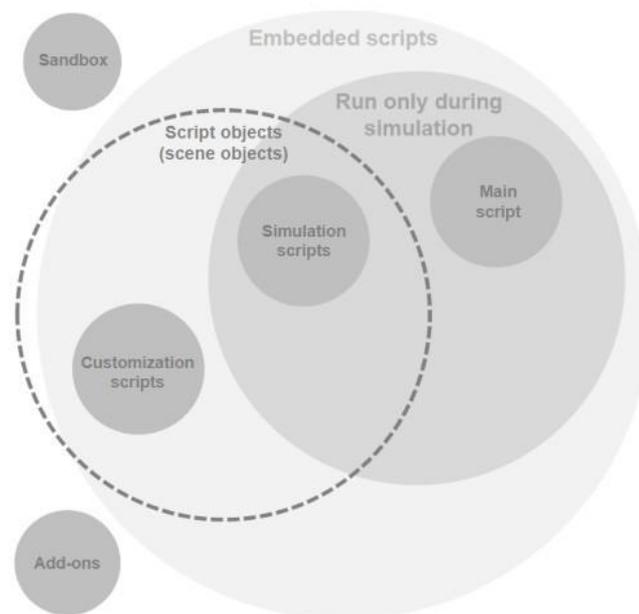


Figura 4 - Estrutura de organização do software CoppeliaSim

Fonte: Coppelia Robotics.

O algoritmo de evolução diferencial proposto foi elaborado em Python, que comunica com o CoppeliaSim por meio de uma API remota. A adoção do algoritmo de evolução ser escrito em Python deveu-se ao fato de as funções disponíveis em Lua no CoppeliaSim serem muito limitadas.

O comportamento do robô móvel é esquematizado pelo autômato finito apresentado na Figura 5. O robô móvel partirá da origem, seguindo até o primeiro ponto de passagem. Uma vez que ele atinja uma distância mínima de $dist_{min}=0,03m$, parte para o segundo ponto de passagem, e assim sucessivamente, até passar pelos 16 pontos de passagem. Após isso, o cenário é reiniciado, com o robô móvel na origem

novamente, e ele começa a completar a nova rota e os novos parâmetros do controlador, definidos pela solução do algoritmo evolutivo.

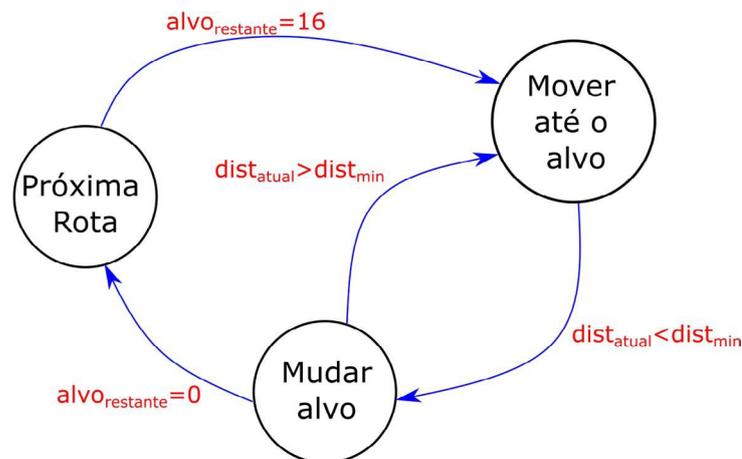


Figura 5 - Autômato finito da rotina do robô móvel
Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

Resultados e análises

As Figuras 6 e 7 apresentam a evolução do tempo gasto e a evolução do *fitness*, respectivamente, para deslocar nos 16 pontos de passagem definidos pelo problema.

A Figura 6 indica que o pior tempo (maior tempo) é igual a 240 segundos entre a 25ª e 50ª geração, o que corresponde a problemas de queda ou de órbita. Esse inconveniente é eliminado ao longo das gerações por meio de mudanças nas rotas ou nos parâmetros do controlador combinados com a seleção por sobrevivência.

Na Figura 7, há a mudança contínua da média do *fitness*, logo há sempre mudanças de rotas e/ou parâmetros do controlador que garantem melhorias nas soluções no decorrer das gerações. Essa característica permite concluir que o período de aprendizagem adotado – de dez gerações – é adequado para a análise do emprego do método autoadaptativo nas probabilidades de mutação aplicadas aos algoritmos evolutivos.

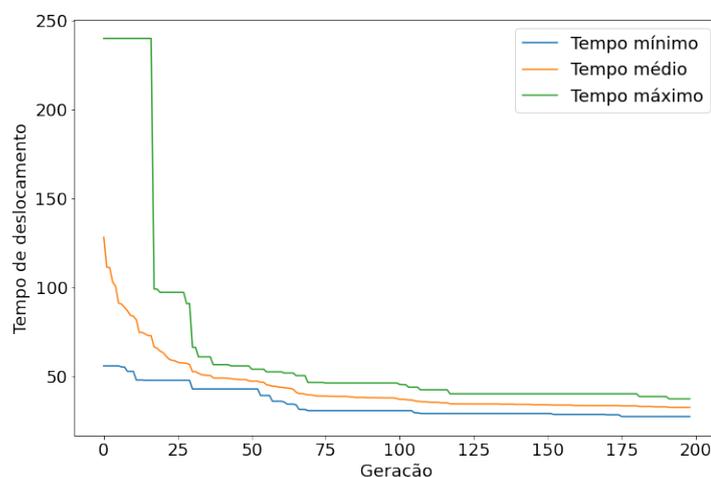


Figura 6 - Evolução do tempo de deslocamento
Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

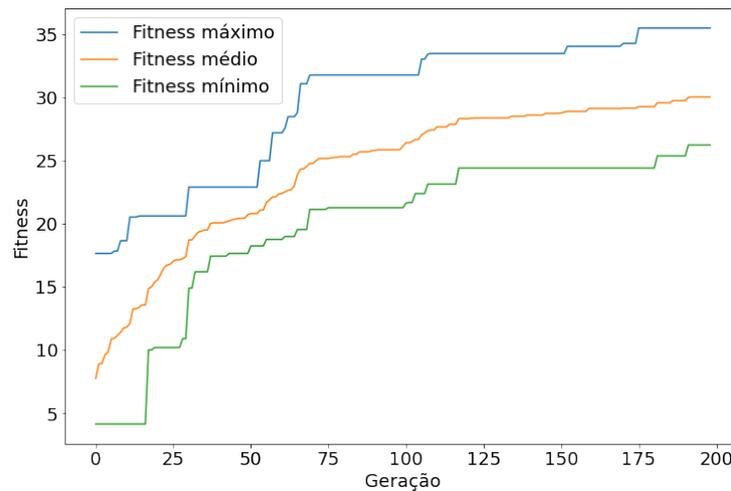


Figura 7 - Evolução do fitness

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

A Figura 8 indica alternância de maior probabilidade entre os métodos de mutação dos parâmetros do controlador, portanto não há uma predominância entre os métodos DE/rand/1/bin e DE/best/1/bin ao longo das atualizações das probabilidades.

Entretanto, em relação ao emprego do método autoadaptativo de Qin e Suganthan (2005), verificou-se que este atribui indefinições matemáticas às probabilidades calculadas quando há casos de dominância de um dos métodos – não há sucesso por parte de um dos métodos – e em situações nas quais nenhum método apresenta sucesso dentro do período de aprendizagem. Por conseguinte, a indefinição matemática que advém da atualização das probabilidades ocorre por causa da ausência de fracassos e sucessos de um ou de ambos os métodos.

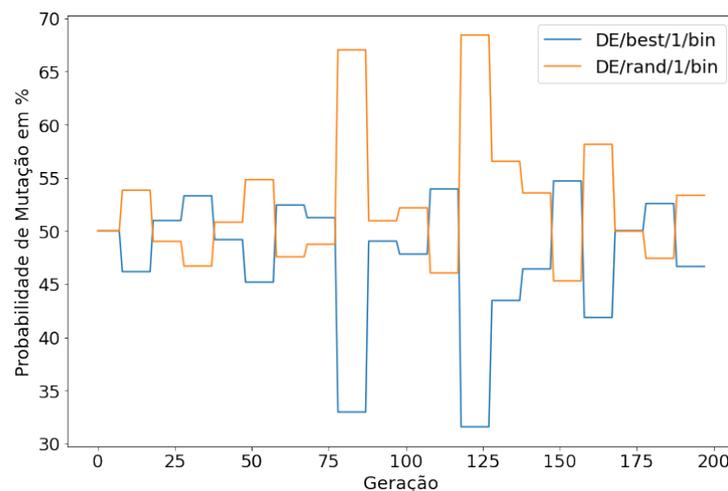


Figura 8 - Evolução da probabilidade de mutação para os parâmetros do controlador

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

A solução foi adotar duas estratégias: se o denominador da Equação 5 for igual a zero e seu numerador for maior que zero, então a probabilidade p_1 é igual a 1; se o denominador e o numerador da Equação 5 forem iguais a zero, a probabilidade p_1 é igual a 0,5, como se o método de adaptação da probabilidade se reiniciasse. Em resumo, quando há dominância de um método, este permanece como único por um

período de aprendizagem, sendo reequilibrado na próxima atualização, a fim de que haja oportunidade para que ambos os métodos otimizem novas soluções.

As Figuras 9, 8 e 10 mostram a evolução da probabilidade, respectivamente, para os tipos de métodos de mutação dos parâmetros do controlador, para os tipos de métodos de mutação das rotas e para modificação por rotas ou parâmetros do controlador.

Na otimização da rotas dada pela Figura 9, vemos que na 140^a geração houve a dominância do método de mutação por inserção. No entanto, quando observamos a Figura 10, notamos que houve também a dominância de modificação por variação dos parâmetros do controlador, logo, entre a 130^a a 139^a geração, não houve nenhuma mutação nas rotas que obteve sucesso, sendo que, no período de atualização na 160^a geração, houve uma reinicialização da probabilidade de modificação de rotas e modificação dos parâmetros. Além disso, na 170^a a 179^a geração houve novamente uma dominância na modificação dos parâmetros do controlador. É interessante ressaltar que, ao reiniciar as probabilidades, surgiram sucessos com a modificação nas rotas.

A explicação desse fenômeno é que as modificações nas rotas apresentam decréscimo de oportunidade para melhorar o tempo de deslocamento do robô móvel, pois, ao longo das gerações menores, há chances de que alguma modificação resulte em uma melhoria. Contudo, as modificações nas rotas são responsáveis pela geração de grandes mudanças nos *fitness*, o que pode ser observado por meio da Figura 7, em que há uma grande variação do *fitness* da melhor solução (maior *fitness* entre a 170^a a 179^a geração), que corresponde ao instante da Figura 10 em que houve maior probabilidade (maior sucesso) de modificações de rotas.

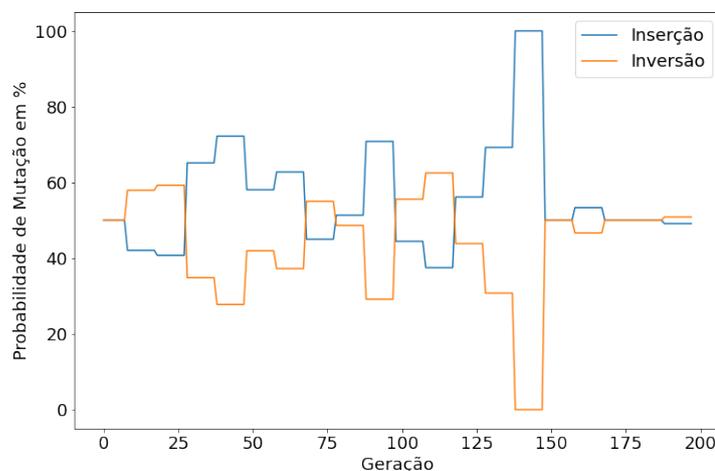


Figura 9 - Evolução da probabilidade de mutação para as rotas

Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

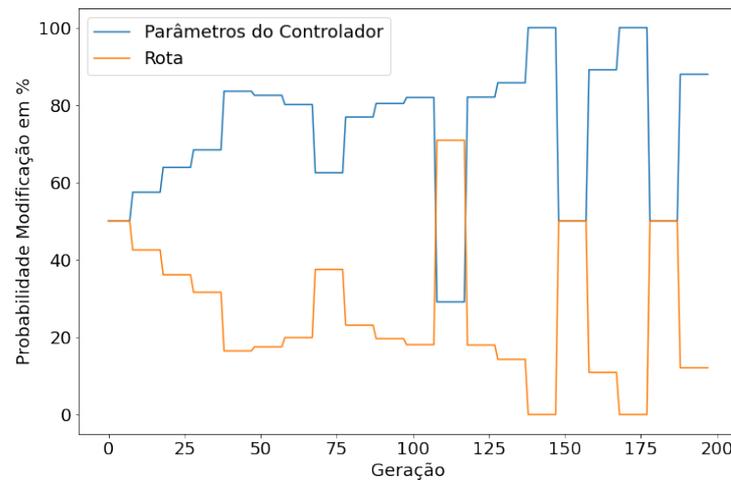


Figura 10 - Evolução da probabilidade de mudança de rota e mudança nos parâmetros do controlador.
Fonte: Elaborada pelos(as) autores(as).

Considerações finais

O uso do método de seleção por sobrevivência, típico do algoritmo DE, garantiu a sobrevivência das melhores rotas e dos melhores parâmetros do controlador, o que possibilitou, ao longo das gerações, a eliminação de soluções que levavam a quedas ou movimentos de órbitas do robô móvel.

O uso do método autoadaptativo do SaDE permite direcionar a escolha dos melhores métodos de mutação tanto para as rotas quanto para a definição dos parâmetros do controlador. Além disso, a extensão do mesmo método autoadaptativo, aplicado ao sucesso e às falhas gerais da modificação de rotas e parâmetros, permite definir qual dessas mudanças favorece a otimização da solução do problema apresentado ao longo das gerações.

Por fim, o trabalho permitiu apontar uma limitação e propor uma estratégia para superar situações de dominância de probabilidade, nas quais o método autoadaptativo atribui indefinições matemáticas às probabilidades.

Referências

EIBEN, A.; SMITH, J. *Introduction to Evolutionary Computing*. [S. l.]: Springer Berlin Heidelberg, 2015. (Natural Computing Series).

COPPELIA Robotics. *Scripts*. Disponível em: <https://manual.coppeliarobotics.com/en/scripts.htm>.

FREITAS, E. J. de R.; COHEN, M. W.; GUIMARÃES, F. G. *An autonomous mobile robot path planner using spline curves and differential evolution*. Recife: IEEE, 2023.

SHIM, H., S.; KIM, J. Robust control of non-holonomic wheeled mobile robot based on evolutionary programming for optimal motion. *In*: Proceedings of 1995 IEEE

International Conference on Evolutionary Computation. [S.l.: s.n.], 1995. v. 2, p. 625–630 vol.2.

IBA, H. *Frontiers in Evolutionary Robotics*. 1. ed. [S. l.]: Tech Education and Publishing, 2008.

ITO, K.; IWASAKI, M.; MATSUI, N. Ga-based practical compensator design for a motion control system. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 143-148, 2001.

PARQUE, V.; MIYASHITA, T. Smooth curve fitting of mobile robot trajectories using differential evolution. *IEEE Access*, [s. l.], v. 8, p. 82855-82866, 2020.

QIN, K.; SUGANTHAN, P. Algoritmo de evolução diferencial autoadaptável para otimização numérica. *In: CONGRESSO IEEE SOBRE COMPUTAÇÃO EVOLUTIVA*, 2005, Edimburgo, Reino Unido. *Anais [...]*. Edimburgo, Reino Unido: CEC, 2005. v. 2, p. 1785-1791.

SAMI, T. A.; MOMEN, S. Optimization of energy consumption in swarms of robots. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF COMPUTER SCIENCE AND RENEWABLE ENERGIES*, 2019, [s. l.]. *Anais [...]*. [S. l.]: ICCSRE, 2019. p. 1-5.

TANG, B.; XIANG, K.; PANG, M.; ZHANXIA, Z. Multi-robot path planning using an improved self-adaptive particle swarm optimization. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, [s. l.], v. 17, n. 5, 2020.

WALKER, M.; MESSOM, C. H. A comparison of genetic programming and genetic algorithms for auto-tuning mobile robot motion control. *In: PROCEEDINGS First IEEE International Workshop on Electronic Design, Test and Applications 2002*. [S. l.: s. n.], 2002. p. 507-509.

ZHANG, C.; ZHAI, B.; DING, L.; LIANG, Z. Research on path planning of inspection robots for epidemic prevention. *In: 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MECHANICS TECHNOLOGY AND INTELLIGENT MANUFACTURING*, 2024, [s. l.]. *Anais [...]*. [S. l.]: ICMTIM, 2024. p. 493-497.



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Goiás

-tecnia

revista de educação, ciência e tecnologia do IFG



 editora ifg

editora@ifg.edu.br
editora.ifg.edu.br