



editora ifg

em.fORMAção

CADERNOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFG



DESTAQUES
2021/22

em.fORMação

CADERNOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFG 

DESTAQUES
2021/22

ISBN 978-85-67022-72-7

© 2023 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Os artigos assinados, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião do Instituto Federal de Goiás. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

É permitida a reprodução total ou parcial desde que citada a fonte.

B823	<p>Brasil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Destaques 2021–2022 / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação. – Goiânia: Editora IFG, 2023.</p> <p>260 p.: il. (Em.formação: cadernos de iniciação científica e tecnológica do IFG; 6)</p> <p>ISBN 978-85-67022-72-7</p> <p>1. Iniciação científica e tecnológica. 2. Pesquisa – iniciação científica. 3. Pesquisa – iniciação tecnológica 4. Formação educacional.</p> <p>I. Título. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 370.7</p>
<p>Catálogo na publicação: Maria Aparecida Rodrigues de Souza – CRB /1–1497</p>	

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Editora IFG

Avenida C-198, Qd. 500, Jardim América

Goiânia/GO | CEP 74270–040

(62) 3612-2251 | editora@ifg.edu.br

Sumário

Apresentação	6
Lorena Silva Oliveira Costa	

Ciências Exatas, da Terra e Engenharias

1 Uso do sistema de gestão da qualidade como ferramenta retroalimentadora ao Last Planner System	8
Francielle Coelho dos Santos Luan Souza Oliveira Kennia Ster Adelino Barbosa	
2 O elemento químico nióbio numa abordagem CTS	21
Katiúscia Daiane Ferreira Tatiana Aparecida Rosa da Silva Luis Otávio Silva Gustavo Henrique Silva	
3 Análise do desempenho do reboco projetado em relação ao manual – um estudo de caso em Formosa/GO	37
Alécio Junior Mattana Luiz Fernando Magalhães Xavier	
4 Generalizando os teoremas de Liouville e Dirichlet para uma breve compreensão da classificação de Mahler dos números transcendententes	51
Hugo Leonardo da Silva Belisário Fernando Sacramento Reis Júnior	
5 Gerenciamento eficientemente energético de microrrede de energia elétrica utilizando um sistema híbrido inteligente	73
Marcelo Escobar de Oliveira Ghunter Paulo Viajante Renan Moreira Soares	

Ciências da Vida

6 MicroRNAs e diabetes: uma revisão com ênfase na sinalização molecular da resistência à insulina	96
Thais Amaral e Sousa Giovana Gelape Faleiro	
7 Estudo das células nervosas, da eletricidade atmosférica e do desfibrilador a partir dos conceitos do eletromagnetismo	113
Lucas Bernardes Borges Geovana Borges Damaceno Camila Nunes da Silva	
8 Depressão pós-parto e implicações para o desenvolvimento infantil: revisão da literatura	127
Aline Pereira da Silva Ester Antonia de Carvalho Veras Mirelly Bruna Gomes Castro	

9 Geografia e Matemática: quais diálogos possíveis? 137
Danielle Pereira da Costa
Daiane Soares Veras
Gabriel Lucas Alves dos Santos

10 Física em filmes e séries 146
Daniel Ordine Vieira Lopes
Rogério Ferreira Xavier
Geovana Almeida Miranda Sant'Ana
Maria Clara Silva Cruz

Ciências Humanas e Sociais, Letras e Artes

11 Concepções e práticas de Extensão no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás no período 2018 a 2021 163
Thaís Lemos de Freitas Oliveira
Lorena Silva Oliveira Costa
Maria Conceição Nara Clariano
Beatriz Pereira de Moraes
Gleicy Kelly Lemes Santana

12 Desafios docentes para a garantia do direito à educação em Águas Lindas de Goiás no contexto da pandemia 182
Maraisa Bezerra Lessa
Ademar Diego Souza de Barros
Paulo Gustavo Moreira
Kamilly Victória da Silva Fonseca

13 Impactos da pandemia (Covid-19) na vida escolar de meninas do Brasil: fatores de intersecção entre classe, gênero e raça 198
Kaithy das Chagas Oliveira
Ketlen Miranda de Jesus Costa

14 Acesso e uso do acervo virtual de bibliotecas na perspectiva dos estudantes do IFG durante o isolamento social 212
Maria Aparecida Rodrigues de Souza
Júlia Gonçalves Borges

15 Literatura afro-brasileira no cerrado: Um estudo sobre a geopoética na obra *Zumbi dos ipês* 233
Lemuel da Cruz Gandara
Daniele Gonçalves Dias
Ana Clara Moreira Moura
Lucas D'Avila da Silva

16 Educação especial e o ensino de química: um estudo sobre práticas educativas 242
Thiffanne Pereira dos Santos
Maria Angelica Peixoto
Pablo Henryque Manhezo Arcebispo

Créditos

Apresentação

A série *Em formação: Cadernos de Iniciação Científica e Tecnológica do Instituto Federal de Goiás (IFG)* está em sua 9ª edição e se consolidou como um espaço de destaque das pesquisas desenvolvidas no IFG, no âmbito da Programa de Bolsas de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação do IFG (PIBICTI), seja no Ensino Médio, seja no Ensino Superior.

Nesta edição apresentaremos 16 artigos, fruto das pesquisas desenvolvidas no PIBICTI, ciclo 2021-2022, que foram destaque no 15º Seminário Institucional de Iniciação Científica do IFG, realizado em 2022. O caderno contempla as três grandes áreas do conhecimento: 1) Ciências Exatas, da Terra e Engenharias; 2) Ciências da Vida, que engloba Ciências Agrárias, Biológicas e da Saúde e 3) Ciências Humanas e Sociais, Letras e Artes.

O ciclo 2021-2022 do PIBICTI foi desenvolvido nos primeiros seis meses de forma remota, no Ensino Remoto Emergencial (ERE), devido à pandemia da Covid-19, e nos últimos seis meses de forma presencial, em 2022, com o retorno gradual das atividades presenciais. Esse contexto precisa ser considerado e lembrado.

Momentos de tensão e incertezas que se manifestaram inclusive nas temáticas dos textos dessa edição, tais como: o desafio docente na garantia do direito à educação dos estudantes de escolas públicas durante a pandemia; impactos da pandemia na vida escolar de meninas no Brasil; acesso e uso virtual da biblioteca do IFG no período de isolamento social. Para além desses temas, outros de alta relevância social continuaram a ser estudados e conhecimentos científicos produzidos, como temáticas de educação inclusiva, propostas didáticas para o ensino de Física, Química e Biologia; Educação, Ciência, Tecnologia e Ambiente; diabetes e causas de resistência à insulina; estudo teórico da estrutura algébrica dos conjuntos numéricos e classificações; inteligência artificial e gerenciamento de eficiência energética; estudo da qualidade do reboco em prédios, entre outros.

Este período nos mostrou e reafirmou empiricamente a necessidade do conhecimento, em específico, do conhecimento científico e tecnológico, no processo de produção da (re)existência humana. Longe de uma perspectiva positivista de ciência, compreendemos que o conhecimento humano, em suas diferentes formas (teológico, popular, estético etc.), possui sentido e força, dentro de contextos determinados, e exprime condições materiais de um dado momento histórico. Nosso objetivo, ao trazer luz para o conhecimento científico, se fundamenta na importância de reafirmarmos o compromisso do IFG com a produção de ciência, tecnologia e inovação, bem como com a educação fundamentada na pesquisa, a partir do contexto sócio-histórico do Brasil pós-pandemia, contra os ataques ao conhecimento racional, à democracia, aos direitos básicos de saúde, ao trabalho e à segurança alimentar.

A educação pela pesquisa e a produção do conhecimento científico, que considera a realidade material, possui chances de contribuir com a transformação da realidade, com uma ruptura com as desigualdades e injustiças sociais, promovendo a formação de seres humanos sábios, cooperativos e solidários.

Com esperança concluímos esta apresentação, convidando a cada um de vocês para navegar por estes textos e refletirmos juntas e juntos sobre temas essenciais para a formação humana e para desenvolvimento social, ambiental cultural e econômico.

Boa leitura a todas e todos!

Lorena Silva Oliveira Costa
Diretora de Pesquisa e Inovação do IFG

CIÊNCIAS EXATAS, DA TERRA E ENGENHARIAS



Uso do sistema de gestão da qualidade como ferramenta retroalimentadora ao Last Planner System

1

Francielle Coelho dos Santos
Luan Souza Oliveira
Kennia Ster Adelino Barbosa

Resumo

Para um melhor aproveitamento da execução de uma obra, é importante que seja realizado um bom planejamento. Entretanto, tal planejamento não deve ocorrer apenas previamente ao início da execução, mas modificar-se em consonância com as diferentes fases executivas e em paralelo aos acontecimentos progressivos. Para isso, são utilizados diversos conhecimentos e ferramentas, dentre os quais pode-se citar o Last Planner® System (LPS) e o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ). O LPS permite a elaboração do planejamento de curto prazo, desmembrando cada macroatividade em etapas curtas, mais fáceis de serem controladas. O SGQ, por sua vez, é composto por um conjunto de elementos que visa garantir qualidade ao

produto final devido ao controle e à gestão de todos os procedimentos do período de execução da obra, tornando-a mais eficiente e rápida, bem como reduzindo seu custo. A metodologia adotada por esta pesquisa foi a realização de um estudo de caso exploratório e descritivo, com pesquisa qualitativa e documental, objetivando propor melhorias ao planejamento de obras através do uso do SGQ associado ao LPS. Considera-se que, ao implementar o SGQ em uma obra, é possível gerar diversos dados que retroalimentam o planejamento e, ao associá-lo ao LPS, garante-se que este seja coeso em todas as fases de execução, adaptando-o gradativamente às novas realidades.

Palavras-chave: Contextualização. Abordagem Temática. ensino de ciências.

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) no ano de 2018 a construção civil foi responsável por 3,9% do PIB do Brasil.

Apesar de apresentar uma grande importância para a economia, é observado que a construção apresenta um atraso tecnológico comparando-se a outras indústrias. Algumas características do setor são preponderantes para tal atraso, como a falta de mão de obra qualificada, o grau de precisão baixo de orçamentos, prazos, precisão de materiais; e também devido ao tradicionalismo que dificulta as alterações. (BERNARDES, 1996 *apud* PIRES, 2014, p. 1).

A ausência ou déficit de planejamento, além de algo histórico, perdura até a atualidade. De acordo com Pires (2014, p. 6) “o cenário atual da construção no Brasil mostra que a maioria das empresas ou não fazem o planejamento de suas obras ou o fazem de maneira inadequada”, entretanto, esta etapa é tão importante quanto a executiva de um determinado empreendimento pois permite a visualização geral da obra antes mesmo de seu início.

O planejamento cumpre um papel fundamental na gestão dos empreendimentos, podendo variar de gestão de acordo com a filosofia e necessidade de cada organização, sendo ele sempre um ingrediente essencial para a função gerencial, ou seja, é um conjunto de processos, missões, diretrizes e ações que serão elaborados, implantados, desenvolvidos, implementados e gerenciados em prol de um objetivo distinto preestabelecido. O planejamento tem por finalidade antecipar as situações previsíveis; predeterminar os acontecimentos preservando as lógicas dos eventos (SILVA, 2011, p.15).

Com a disputa cada vez mais acirrada do mercado, é visível a necessidade de manter-se em constante evolução para que seja possível continuar competitivo. Neste sentido, Silva (2021) destaca que para que se tenha um sistema de produção ágil e eficiente, faz-se necessária a elaboração de um planejamento que alie qualidade, eficiência e lucratividade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados os principais conceitos pertinentes ao trabalho.

2.1 SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE

Uma das estratégias que podem ser adotadas por empresas que visam a melhoria de seus processos através da redução de custos e tempo de entrega, bem como a garantia da satisfação do cliente, é a implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ).

“Para obter maior controle da inspeção dos serviços na construção civil é necessário que haja uma padronização na inspeção dos mesmos” (OLIVEIRA; SILVA, 2016, p.1) e, para atender a essa demanda, o SGQ dispõe das Fichas de Verificação de Serviços (FVS), visando a garantia da qualidade dos serviços executados.

Um SGQ possui foco na prevenção de não-conformidades¹, podendo, inclusive, realizar ações reativas e corretivas. Por não possuir um caráter preditivo, estas ações são reproduzidas no sistema por meio da definição de objetivos a serem atingidos e de políticas a serem seguidas. (CERQUEIRA; MARTINS, 1996 *apud* COSTA JUNIOR; DYNA; MEMÓRIA, 2016, p. 3).

Assim sendo, ao utilizar o SGQ em uma empresa, é possível controlar todos os microserviços pertencentes ao processo geral, o acompanhamento das atividades e o mapeamento de não conformidades que geram algum malefício ao processo, possibilitando a rápida eliminação ou correção delas.

No Brasil, os requisitos para o SGQ são delineados pela ABNT NBR ISO 9001:2015 – Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos, uma tradução da norma internacional ISO (International Standard Organization) 9001, amplamente empregada em diversos países do mundo. Tal norma é utilizada para a certificação de empresas e, segundo Bento (2017, p. 5), “a ISO 9001 é recomendada para as empresas que procuram estabelecer um sistema de gestão que demonstre confiança na capacidade de fornecer produtos que satisfaçam os desejos e as necessidades dos seus clientes.”

De acordo com Mello *et al.* (2009, p. 11) “com a aplicação dos oito princípios de gestão da qualidade, as organizações produzirão benefícios para clientes, acionistas, fornecedores, comunidades locais, ou seja, para a sociedade em geral”. Tais princípios são tidos como indispensáveis para qualquer empresa que deseja implementar o SGQ de maneira efetiva, sendo eles: foco no cliente, liderança, envolvimento das pessoas, abordagem de processo, abordagem sistemática para gestão, melhoria contínua, abordagem factual para a tomada de decisão e benefícios mútuos nas relações com os fornecedores.

Assim como SGQ, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) é uma ferramenta de garantia de qualidade ao empreendimento que detém sua certificação pelo Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SIAC).

O sistema de certificação além de aumentar a satisfação e a confiança dos clientes, reduz de forma bastante significativa os custos internos, aumenta a produtividade, melhora a imagem da empresa e os processos continuamente, possibilitando ainda fácil acesso a novos mercados. Esta certificação permite avaliar as conformi-

¹ De acordo com a ABNT NBR ISO 9000:2015 Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário, em seu item 3.6.9, não conformidade trata-se do “não atendimento de um requisito”, sendo este definido no item 3.6.4 como “necessidade ou expectativa que é declarada, geralmente implícita ou obrigatória”.

dades determinadas pela empresa através de controle dos processos internos, garantindo ao cliente final um produto ou serviço concebido conforme padrões, procedimentos e normas. (BRAGA, 2011, p. 9).

2.2 LAST PLANNER SYSTEM

Uma maneira eficiente de se planejar e gerenciar um empreendimento é através do uso do *Last Planner System* (LPS) que “traz estabilidade ao projeto dando atenção ao fluxo (...) em uma situação de melhoria contínua” (LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE, 2021a, p. 2).²

O LPS oferece uma maneira realista de gerenciar colaborativamente a produção baseada em projeto, permite que os problemas sejam identificados e resolvidos antes que se tornem problemas no local e aumenta as chances de que o trabalho flua e os projetos sejam concluídos no prazo. É um elo vital entre a logística e as equipes de montagem de edifícios.³ (MOSSMAN, 2015, p. 2, tradução nossa).

Conforme Silva (2011, p. 12) “o planejamento de uma obra inclui estudos de longo, médio e curto prazos, focado nas metas das equipes e programações diárias” e, como citado pelo Lean Construction Institute (2021b, p. 1, tradução nossa), o LPS tem como natureza fundamental “produzir fluxo de trabalho ininterrupto previsível, criando um conjunto coerente de compromissos que conectam o trabalho dos especialistas à promessa do projeto para o cliente e coordena suas ações”⁴.

Dessa forma, o emprego do LPS garante “melhorias significativas na segurança do projeto e do programa, previsibilidade, produtividade, velocidade de entrega, lucro e sensação de bem-estar entre a equipe do projeto”⁵ (MOSSMAN, 2015, p. 2, tradução nossa), fatores indispensáveis ao bom desenvolvimento do empreendimento.

² “The Last Planner System® brings stability to the Project by giving attention to flow while reducing variation in the hand-off of work between the specialists in a continuously improving situation.”

³ “LPS offers a realistic way to collaboratively manage project-based production, enables issues to be identified and resolved before they become problems on-site and increases the chances that work will flow and projects be completed on time. It is a vital link between logistics and building assembly teams.”

⁴ “While specifics of the LPS can be tailored to project circumstances, the intention of the system and the fundamental nature of the practices involved are clear: Produce predictable uninterrupted workflow by creating a coherent set of commitments that connects the work of the specialists to the promise of the project to the client and coordinates their actions.”

⁵ “Last Planner is a short-term project planning system first used in engineering construction 20 years ago. It continues to create significant improvements in project & program safety, predictability, productivity, speed of delivery, profit and feelings of wellbeing among project staff”

3 METODOLOGIA

A concepção da pesquisa trata-se de um estudo de caso através da análise de dados de uma obra executada por uma empresa do ramo da construção civil localizada na cidade de Goiânia/GO – aqui chamada de Empresa A –, com atuação em diversos estados do país. Caracteriza-se como um estudo exploratório e descritivo, com pesquisa qualitativa e documental. As ferramentas utilizadas foram os documentos fornecidos pela empresa, dentre eles as FVS, registros de planejamento a longo e curto prazo, bem como informações coletadas através de relatos de membros da equipe envolvida no empreendimento.

A construtora em questão possui SGQ já implementado, com controles e documentos bem definidos, que neste trabalho foram analisados visando a demonstração da aplicabilidade do uso do SGQ ao LPS.

O desenvolvimento da pesquisa se restringiu à análise de serviços pertencentes às fases iniciais da obra devido à importância de se manterem altos padrões executivos nesses momentos, afinal, na construção ocorre o sequenciamento de atividades o que pode gerar o acúmulo de erros, causando diversos problemas na execução dos serviços posteriores. Tendo isso em vista, as atividades analisadas foram as de alvenaria de vedação.

Durante todo o estudo foi desenvolvida uma ampla revisão bibliográfica visando uma melhor compreensão dos conceitos e possíveis correlações entre os sistemas abordados de modo a embasar a análise documental.

Após a definição do serviço, fez-se necessário uma análise aprofundada no planejamento desenvolvido previamente a seu início. Além disso, foi considerada também sua respectiva FVS para levantamento dos problemas ocorridos durante a execução das atividades e das possíveis brechas que permitiram a ocorrência destes. Nessa fase, também foram desenvolvidos indicadores úteis ao replanejamento das atividades destacadas.

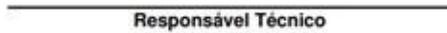
Por fim, após a revisão de todos os documentos fornecidos pela empresa e a observação de como os serviços têm ocorrido na prática, propôs-se modificações nas FVS visando a otimização do planejamento através da alimentação do LPS com os indicadores gerados pelas mesmas. Além disso, foi desenvolvida uma pasta de trabalho para cálculo da Razão Unitária de Produção (RUP) como uma forma de analisar os dados coletados através da nova FVS.

4 RESULTADOS

Observando a FVS utilizada pela Empresa A (Figura 1), é possível verificar que a mesma possui critérios que atendem unicamente ao propósito de controle dos serviços necessário ao SGQ, tendo

foco nos itens de verificação de qualidade e consonância com projeto executivo, instrumentos a serem utilizados e os parâmetros de tolerância.

FIGURA 1
FVS utilizada pela empresa

SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO									
EMPRESA	Título	Obra	Projeto/ revisão ou data		Local verificado	Identificação	Revisão		
	ALVENARIA DE VEDAÇÃO					FVS 231	00		
Data de início e fim:									
Responsável pelo serviço:									
DESCRIÇÃO	DISPOSITIVO	TOLERÂNCIA	VERIFICAÇÕES (Status: A - APROVADO R - REPROVADO)						OBSERVAÇÕES/ OCORRÊNCIAS
			1ª		2ª		3ª		
			STATUS	DATA	STATUS	DATA	STATUS	DATA	
Prumo de paredes	Prumo de face	2mm							
Planicidade de paredes	Régua de alumínio	5mm / 2m							
Detalhes construtivos conforme projeto ou IT (instrução de trabalho)	Conforme projeto ou IT, se especificado. Visual se não especificado.	sem tolerância							
Responsável pela verificação:									
Disposições, tratamentos, deliberações, comentários:									
 Responsável Técnico									

Fonte: Adaptada de Empresa A (2022)

Para que fosse possível alcançar o objetivo proposto por este trabalho, foram realizadas as alterações necessárias mantendo, no entanto, a estrutura da FVS original, conforme Figura 2.

Como é possível notar com destaque em rosa, foram acrescentados campos para especificação dos profissionais envolvidos na execução do serviço, bem como sua função e tempo despendido no mesmo. Tais dados são essenciais à análise da produtividade e eficiência das equipes disponíveis. A partir desta mensuração, faz-se possível ao responsável pelo empreendimento realizar o replanejamento das próximas fases de desenvolvimento do serviço em questão. Além disso, foram acrescentados campos para melhor especificação da área executada, analisada e reprovada, bem como novos critérios de avaliação da qualidade do serviço executado. Estas informações serão utilizadas para verificação da porcentagem de reprovação ocorrida no serviço, podendo-se acompanhar a evolução do mesmo após os replanejamentos cabíveis.

A mensuração da produtividade da equipe pode ser feita de maneira simples pelo planejador, analisando apenas a área de parede executada pela equipe e o tempo necessário, ou de maneira mais aprofundada através da utilização de indicadores como, por exemplo, a RUP, que

foi empregada neste trabalho como demonstração da funcionalidade da coleta de dados através do uso da FVS proposta.

O indicador denominado RUP atua “como mensurador da produtividade, relacionando o esforço humano, avaliado em Homens x hora (Hh), com a quantidade de serviço realizado” (SOUZA, 2006, p. 32), conforme Equação 1:

$$RUP = \frac{Hh}{\text{Quantidade de serviço}}$$

Equação 1

FIGURA 2
FVS proposta

SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO									
EMPRESA	Título ALVENARIA DE VEDAÇÃO	Obra Nome da obra	Projeto com revisão e data Projeto utilizado como base para análise	Local verificado Número das paredes executadas	Identificação FVS 231	Revisão 00			
Data de execução: Dia, mês e ano em que o serviço foi				Quantidade executada: Porcentagem executada de cada parede					
Responsável pelo serviço 1: Nome do pedreiro executor				Responsável pelo serviço 2: Nome do pedreiro executor					
Tempo trabalhado: Horas despendidas pelo profissional na execução do serviço				Tempo trabalhado: Horas despendidas pelo profissional na execução do serviço					
Auxiliar 1: Nome do auxiliar 1		Função: Função do auxiliar 1		Auxiliar 2: Nome do auxiliar 2		Função: Função do auxiliar 2			
Tempo trabalhado: Horas despendidas pelo profissional na execução do serviço				Tempo trabalhado: Horas despendidas pelo profissional na execução do serviço					
Área total verificada: Área total de alvenaria verificada em m ²				Área reprovada: Área total de alvenaria com requisitos reprovados em m ²					
DESCRIÇÃO	DISPOSITIVO	TOLERÂNCIA	VERIFICAÇÕES (Status: A - APROVADO R - REPROVADO)						MOTIVO DA REPROVAÇÃO
			1º		2º		3º		
			STATUS	DATA	STATUS	DATA	STATUS	DATA	
Medidas em todas as direções	Trena	50mm							
Prumo de paredes	Prumo de face	5mm							
Planicidade de paredes	Régua de alumínio	5mm / 2m							
Espessura de argamassa uniforme	Visual	sem tolerância							
Amarração alvenaria/estrutura conforme projeto	Conforme projeto ou IT, se especificado. Visual se não especificado.	sem tolerância							
Detalhes construtivos conforme projeto ou IT (instrução de trabalho)	Conforme projeto ou IT, se especificado. Visual se não especificado.	sem tolerância							
Responsável pela verificação:									
Disposições, tratamentos, deliberações, comentários:									
_____ Responsável Técnico									

Fonte: Elaborada pelos autores (2022)

Para empregar a avaliação através da RUP, deve-se definir a equipe executora, além de quantificar as horas de trabalho a serem consideradas, o serviço desenvolvido e o período de tempo ao qual as mensurações se referem (SOUZA, 2006).

Pensando-se nos diversos arranjos organizacionais cabíveis a um determinado serviço, faz-se necessário classificar a mão-de-obra envolvida de acordo com sua participação no resultado final.

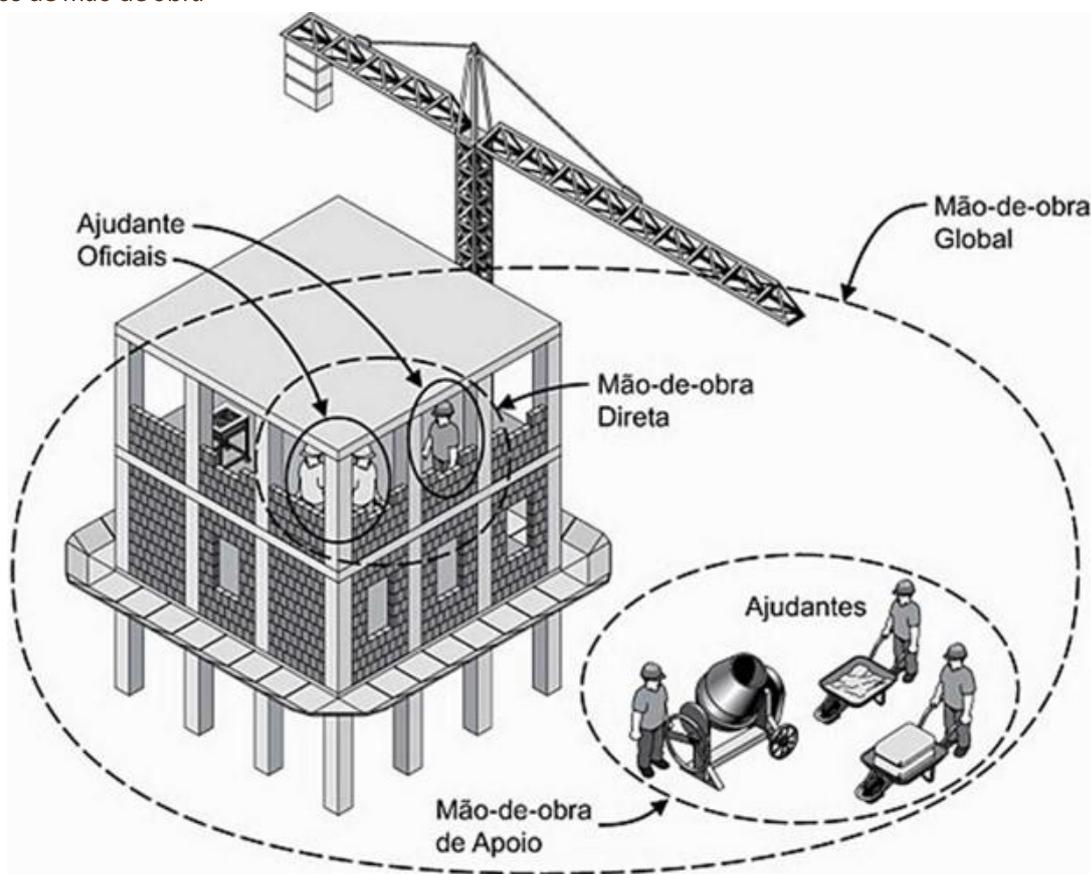
Dessa forma, classificam-se os executores em mão-de-obra direta, ajudantes oficiais e mão-de-obra de apoio. A Figura 3 exemplifica tais classificações.

A partir disso, é possível verificar a produtividade mediante a abrangência dos colaboradores envolvidos. As diferentes possibilidades são, portanto:

- RUP_{of} : consideram-se apenas os colaboradores oficiais;
- RUP_{dir} : considera-se a mão-de-obra direta;
- RUP_{glob} : abrange a mão-de-obra global.

FIGURA 3

Tipos de mão de obra



Fonte: Souza (2006).

Em se tratando do tempo de serviço a ser adotado para o cálculo da RUP, devem ser levadas em conta “as horas disponíveis para o trabalho, apropriando-se o tempo total que o operário está presente no canteiro e pronto para trabalhar” (SOUZA, 2006, p. 36), não sendo computado, por tanto, apenas os tempos produtivos de cada funcionário. Dessa forma, para este trabalho, foram adotadas as horas constantes nos cartões de ponto dos colaboradores.

Para a verificação da quantidade de serviço desenvolvida, considera-se para o cálculo da RUP a quantidade efetivamente executada. Para os serviços de alvenaria, são descontados, portanto, todos e quaisquer vãos presentes na mesma. Por fim, é necessária a definição do período ao qual a RUP se refere. Neste trabalho, adotou-se a análise diária tendo em vista a necessidade de se verificar constantemente os critérios de qualidade definidos na FVS. Além disso, tendo uma RUP diária, faz-se possível a aplicação do LPS em prazos ainda mais reduzidos. A Figura 4 demonstra um exemplo de preenchimento da FVS proposta, a fim de alimentar a pasta de trabalho desenvolvida.

FIGURA 4

Exemplo de preenchimento da FVS proposta

SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO									
EMPRESA	Título ALVENARIA DE VEDAÇÃO	Obra OBRA X	Projeto com revisão e data PROJETO X		Local verificado P1, P2		Identificação FVS 231	Revisão 01	
Data de execução: 01/05/2022					Quantidade executada: 100%				
Responsável pelo serviço 1: Colaborador 1					Responsável pelo serviço 2: -				
Tempo trabalhado: 8h12min					Tempo trabalhado: -				
Auxiliar 1: Colaborador 3			Função: Servente		Auxiliar 2: -			Função: -	
Tempo trabalhado: 8h12min					Tempo trabalhado: -				
Área total verificada: 16,24 m ²					Área reprovada: 8,12 m ²				
DESCRIÇÃO	DISPOSITIVO	TOLERÂNCIA	VERIFICAÇÕES (Status: A - APROVADO R - REPROVADO)						MOTIVO DA REPROVAÇÃO
			1ª		2ª		3ª		
			STATUS	DATA	STATUS	DATA	STATUS	DATA	
Medidas em todas as direções	Trena	50mm	A	02/05/2022					
Prumo de paredes	Prumo de face	5mm	R	02/05/2022					PAREDE P1
Planicidade de paredes	Régua de alumínio	5mm / 2m	A	02/05/2022					
Espessura de argamassa uniforme	Visual	sem tolerância	A	02/05/2022					
Amarração alvenaria/estrutura conforme projeto	Conforme projeto ou IT, se especificado. Visual se não especificado.	sem tolerância	A	02/05/2022					
Detalhes construtivos conforme projeto ou IT (instrução de trabalho)	Conforme projeto ou IT, se especificado. Visual se não especificado.	sem tolerância	A	02/05/2022					
Responsável pela verificação:									
Disposições, tratamentos, deliberações, comentários: Parede P1 reprovada por falta de prumo. Necessidade de nova verificação após correção!									
_____ Responsável Técnico									

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Inicialmente, deve-se fornecer a base de dados acerca do serviço executado, bem como da equipe executora. Na planilha Base_Paredes informa-se as dimensões de cada uma das paredes do projeto como apresenta a Figura 5.

FIGURA 5

Planilha Base_Paredes

PAREDE	TITULO	LARGURA	ALTURA	ESPESSURA	ÁREA
P1	Tijolo AA X AA X AA c/ juntas horizontais e verticais de A.A	2,85	2,85	AA	8,12
P2	Tijolo AA X AA X AA c/ juntas horizontais e verticais de A.A	2,85	2,85	AA	8,12
P3	Tijolo AA X AA X AA c/ juntas horizontais e verticais de A.A	3,90	2,85	AA	11,12
P4	Tijolo AA X AA X AA c/ juntas horizontais e verticais de A.A	3,90	2,85	AA	11,12
P5	Tijolo AA X AA X AA c/ juntas horizontais e verticais de A.A	2,90	2,85	AA	8,27
P6	Tijolo AA X AA X AA c/ juntas horizontais e verticais de A.A	1,30	2,85	AA	3,71
P7	Tijolo AA X AA X AA c/ juntas horizontais e verticais de A.A	2,05	2,85	AA	5,84
P8	Tijolo AA X AA X AA c/ juntas horizontais e verticais de A.A	2,05	2,85	AA	5,84
P9	Tijolo AA X AA X AA c/ juntas horizontais e verticais de A.A	0,50	2,85	AA	1,43
P10	Tijolo AA X AA X AA c/ juntas horizontais e verticais de A.A	5,10	2,85	AA	14,54

Fonte: Elaborada pelos autores (2022)

Na planilha Base_Colaboradores são inseridos os dados referentes aos colaboradores envolvidos no serviço conforme Figura 6.

FIGURA 6

Planilha Base_Colaboradores

COLABORADOR	FUNÇÃO
Colaborador 1	Pedreiro
Colaborador 2	Pedreiro
Colaborador 3	Servente
Colaborador 4	Servente
Colaborador 5	Betoneiro

Pedreiros
Colaborador 1
Colaborador 2

Auxiliar
Colaborador 3
Colaborador 4
Colaborador 5

Fonte: Elaborada pelos autores (2022)

Posteriormente, deve-se preencher a Planilha 231 – Alvenaria com os dados colhidos através da FVS conforme as figuras 7 e 8.

FIGURA 7

Planilha 231– Alvenaria (A)

Nº FVS	Nº VERIFICAÇÃO	DATA EXEC.	MÃO DE OBRA OFICIAL				EQUIPE OFICIAL
			M.O. OFICIAL 1	TEMPO TRABALHADO	M.O. OFICIAL 2	TEMPO TRABALHADO	
1	1	01/05/2022	Colaborador 1	8,2			Colaborador 1

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

FIGURA 8

Planilha 231 – Alvenaria (B)

MÃO DE OBRA AUXILIAR									
M.O. AUXILIAR 1	FUNÇÃO 1	TEMPO TRABALHADO	M.O. AUXILIAR 2	FUNÇÃO 2	TEMPO TRABALHADO	A _{executada} (m ²)	DESCRIÇÃO	A _{reprovada} (m ²)	DESCRIÇÃO
Colaborador 3	Servente	8,2				16,24	P2, P3	8,12	P1

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Após o fornecimento dos dados necessários ao cálculo, na planilha Diário de Produção podem ser verificados os índices gerados no serviço de forma diária e cumulativa mensalmente (Figura 9).

FIGURA 9

Planilha Diário de Produção

EMPRESA			DIA 1	DIA 2
DIÁRIO DE PRODUÇÃO	META	MÊS	01/05/22	02/05/22
231 - ALVENARIA DE VEDAÇÃO				
Tijolo AA X AA X AA c/ juntas horizontais e verticais de A.A				
Alvenaria executada (m ²)		16,24	16,24	-
Alvenaria reprovada (m ²)		8,12	8,12	-
Mão de obra oficial (hh)		-	8,20	-
Mão de obra direta (hh)		-	16,40	-
Mão de obra global (hh)		-	16,40	-
Índice de reprovação		2,00	0,50	-
RUP oficial (hh/m ²)		0,50	0,50	-
RUP direta (hh/m ²)		1,01	1,01	-
RUP global (hh/m ²)		1,01	1,01	-

Fonte: Elaborada pelos autores (2022)

Dessa forma, a utilização da pasta de trabalho em conjunto com a FVS modificada apresenta-se como uma ferramenta que auxilia no acompanhamento dos serviços, facilitando a análise dos resultados e a tomada de decisão acerca das próximas etapas, bem como proporciona a criação de uma base de dados da empresa e seus colaboradores, afim de se planejar novos empreendimentos.

5 CONCLUSÃO

As FVS, instrumento comumente empregado pelo SGQ, podem ser modificadas de forma a obter dados passíveis de utilização ao replanejamento de obras de acordo com os preceitos do LPS.

Outro benefício obtido é a possibilidade de se gerarem indicadores reais acerca das equipes disponíveis. Dessa forma, o replanejamento da obra e o planejamento de obras futuras podem ser realizados com base nestes, trazendo uma alternativa à utilização de tabelas frequentemente empregadas no planejamento por diversas empresas.

OS AUTORES

Francielle Coelho dos Santos

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Jataí/ Departamento de Áreas Acadêmicas
francielle.santos@ifg.edu.br

Luan Souza Oliveira

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Jataí/ Bacharelado em Engenharia Civil – PIBIC
luan.oliveira@estudantes.ifg.edu.br

Kennia Ster Adelino Barbosa

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Jataí/ Bacharelado em Engenharia Civil – PIBIC
kennia.ster@estudantes.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR ISO 9000: 2015: Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário*. Rio de Janeiro, 2015.

BRAGA, Ricardo Estanislau. *Influência dos sistemas de gestão da qualidade no processo de projeto de empresas construtoras*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

BENTO, Giuly Maria de Lima. *A importância da gestão da qualidade com a implementação da ISO 9001 para o desenvolvimento e melhoria da empresa Softcom Tecnologia*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Instituto de Educação Superior da Paraíba, Paraíba, 2017.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. *Informativo CBIC: economia nacional e construção civil – desempenho recente e perspectivas*. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2020/02/ieda.pdf>. Acesso em: 5 out. 2021.

COSTA JUNIOR, Francisco Jocivan Carneiro; DYNA, Miguel Ângelo Santos; MEMÓRIA, Octavio da Costa. Desenvolvimento de um sistema de gestão da qualidade baseado na NBR ISO 9001 em uma

concessionária de motos do Ceará. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 36., 2016, João Pessoa/PB. *Anais...* João Pessoa, 2016.

LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE. *Last Planner® System of Production Control*. 2021a. Disponível em: <https://leanconstruction.org/uploads/wp/2016/02/TDC-CH25.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE. *The Last Planner System: Conversations that Design and Activate the Network of Commitments*. 2021b. Disponível em: <https://leanconstruction.org/media/learning-laboratory/Last-Planner-System-of-Production-Control/Last-Planner-System-as-Network-of-Commitments-LPC-4.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

MELLO, Carlos Henrique P. *et al. ISO 9001:2008: Sistemas de gestão da qualidade para operações de produção e serviços*. São Paulo: Atlas S.A, 2009.

MOSSMAN, Alan. *Last Planner®: 5 + 1 crucial & collaborative conversations for predictable design & construction delivery*. Nottingham: The Change Business, 2015.

OLIVEIRA, Ricardo Rocha de; SILVA, Vinícius Alves de Azeredo. Elaboração de fichas de verificação de serviços para paredes/laje de concreto moldados in loco e fundação radier. *In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA*, 2., 2016, Foz do Iguaçu. *Anais...* Cascavel: Confea, 2016. p. 1-5.

PIRES, Daniel Lage. *Aplicação de técnicas de controle e planejamento em edificações*. Belo Horizonte: UFMG, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/VRNS-9TNNNW> Acesso em: 10 out. 2021.

SILVA, Marize Santos Teixeira Carvalho. *Planejamento e controle de obras*. Salvador: UFBA, 2011. Disponível em: <http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/Planejamento%20e%20Controle%20de%20Obras%20-%20Marize%20Silva.pdf> Acesso em: 1º out. 2021.

SILVA, Thalia Licinia de Oliveira. Um estudo sobre a aplicabilidade do lean construction em uma obra de pequeno porte sob a perspectiva da gestão da qualidade. *Brazilian Journal Of Development*, Manaus, v. 7, n. 12, p. 113604-113620, dez. 2021.

SOUZA, Ubiraci E. L. *Como aumentar a eficiência da mão-de-obra: manual de gestão de produtividade na construção*. São Paulo: PINI, 2006.

O elemento químico nióbio numa abordagem CTS

2

Katiúscia Daiane Ferreira
Tatiana Aparecida Rosa da Silva
Luis Otávio Silva
Gustavo Henrique Silva

Resumo

O nióbio (Nb) é um metal que apresenta inúmeras propriedades que o tornam de grande interesse em diversas áreas e aplicações, desde a construção civil e aeroespacial até a medicina. O Brasil possui quase todas as reservas desse elemento químico no mundo, o que o transforma num tema de grande relevância para uso contextualizado no ensino de Química. O movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) é uma proposta para o ensino de Ciências que busca estimular nos estudantes uma visão crítica que incentive a participação da sociedade no desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Considera-se que a temática do Nb pode ser alinhada à abordagem CTS não apenas no ensino de Química, mas também em conteúdos relacionados a outras disciplinas, uma vez que apresenta características importantes para alicerçar muitas discussões.

Neste trabalho, são apresentados resultados de uma pesquisa bibliográfica sobre a importância do Nb, destacando, de uma forma contextualizada, suas características, propriedades, aplicações, ocorrência e importância econômica para o Brasil a fim de subsidiar abordagens sob a perspectiva do movimento CTS. É importante levar em consideração o reflexo do ensino contextualizado na sociedade, contribuindo para a formação de um cidadão crítico, que passa a observar o mundo à sua volta e a compreender como os avanços na tecnologia e na ciência estão relacionados ao meio ambiente, à ética, à organização social, à política, à história e a inúmeros outros assuntos, o que pode tornar o estudante em um ser mais ativo na realidade que o cerca.

Palavras-chave: Nióbio. CTS. Contextualização.

1 INTRODUÇÃO

O nióbio é um elemento químico da tabela periódica com o símbolo Nb. Ele apresenta número atômico 41 e pertence aos metais de transição, no bloco d, estando localizado no grupo 5 e 5º período da tabela periódica. É um metal brilhante, sólido em condições normais. Possui estrutura cúbica de corpo centrado, apresenta cor cinza e quando polido, lembra a platina. Apresenta ponto de ebulição igual a 5.127 °C (QUELHAS, 2007), ponto de fusão de 2.468 °C e massa molar de 92,90638 g/mol¹ (SOUSA; FERNANDES; GUERRA, 2013).

O movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS ou Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTSA, é uma proposta para o ensino de ciências que busca estimular nos estudantes uma visão crítica e que incentive a participação da sociedade no desenvolvimento da ciência e tecnologia. Seu uso no processo de ensino e aprendizagem, auxilia a criar espaços de discussões e pode levar a debates acerca de assuntos políticos, ambientais, culturais, sociais, econômicos e éticos (SANTOS, 2007). Discutir assuntos de forma contextualizada, inserindo referências aos avanços da ciência e da tecnologia, suas consequências e impactos, torna-se importante tanto para a construção de um saber curricular quanto de um saber social e humano. Existem inúmeras formas de trabalhar a abordagem CTS em sala de aula e pode-se encontrar amparo em diversos objetivos na própria LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007).

Muitos alunos têm dificuldades de relacionar os conteúdos de Química às situações do dia a dia, à tradição cultural e às evoluções tecnológicas de materiais. Sendo assim, entende-se que a utilização de conhecimentos populares em um enfoque CTS pode contribuir para a construção do conhecimento com mudança de perfil conceitual. Assim abordar o Nióbio com a CTS permite aproximar o aluno de um elemento químico “brasileiro” de grande importância econômica mundial, aprendendo a sua história e suas propriedades físicas e químicas.

Do Brasil origina 90% do Nb que é comercializado no mundo e cerca de 98% das reservas mundiais deste elemento estão no país (BRANCO, 2016), especialmente encontradas em complexos carbonatíticos em cinco Províncias Alcalino-Carbonatíticas: Alto Paranaíba, Alto Araguaia, Amazônica, Sudeste e Sul (SEER; MORAES, 2018). Segundo Rogério Contato, diretor da CBMM (Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração), cerca de R\$150 a R\$200 milhões foram investidos durante a pandemia em pesquisas com o elemento.

O elemento químico apresenta inúmeras características que o tornam de interesse, como sua maleabilidade, ductilidade, condutividade térmica (LUZ, 2019a), condutividade elétrica (LUZ, 2019b), o fenômeno da supercondutividade (SILVA; MEI, 2006 *apud* CERNAK, 2012), sua resistência à corrosão (QUELHAS, 2007) e sua propriedade hipoalergênica. Suas aplicações se dão em diversos setores, como em ligas (SILVA, 2017), medicina (AGUIAR, 2021a), joias (SEER; MORAES, 2018), catálise (GUERRERO-PEREZ; BANARES, 2008 *apud* CHAGAS, 2019), pilhas (GRIFFITH; SENYSHYN; GREY, 2017), indústria automobilística (CBMM, 2021), construção civil (IBRAM, 2020), indústria aeroespacial (OLIVEIRA *et al.*, 2017) e em inúmeras outras.

Assim, neste trabalho serão apresentados resultados de uma pesquisa bibliográfica sobre a importância do Nb, destacando de uma forma contextualizada suas características, aplicações, ocorrência e importância econômica para o Brasil a fim de subsidiar uma abordagem dentro da perspectiva do movimento CTS.

2 METODOLOGIA

Um levantamento bibliográfico acerca do Nb, suas características, aplicações, ocorrência e importância econômica foi realizado a fim de estabelecer destaques para possíveis utilizações do tema dentro de uma sequência didática com uma abordagem CTS para o Ensino Médio.

Neste tipo de pesquisa o objetivo é levantar dados acerca do tema, apontando os avanços e inovações, mas também, indicar pontos do tema carentes de informações, que precisam ser mais detalhados e pesquisados, a fim de, estimular o senso científico e crítico dos alunos (ROMANOWSKI; ENS, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

São inúmeras as características que tornam o nióbio um elemento químico muito interessante dentro de uma abordagem CTS, dentre elas é possível destacar a história da sua descoberta, propriedades, aplicações, ocorrência no Brasil e sua importância econômica.

Os tópicos a seguir são resultados de uma pesquisa bibliográfica sobre o elemento químico e permite, portanto, a sua utilização, para facilitar o processo de ensino e aprendizagem de forma contextualizada de diversos conteúdos na área da química ou mesmo outras áreas afins no Ensino Médio.

3.1 DESCOBERTA E ORIGEM DO TERMO NIÓBIO

O elemento químico nióbio foi descoberto por Charles Hatchett, em 1801, no minério columbita. Por apresentar características muito semelhantes ao elemento químico Tântalo, foram confundidos por certo tempo como um único elemento, até que em 1846, o químico Henrich Rose apontou a existência de dois elementos no minério, e deu ao novo o nome “nióbio”, oficializado em 1950 pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) em 1950 (SOUSA; FERNANDES; GUERRA, 2013).

A origem do termo está na mitologia grega. Níobe era filha de Tântalo, que por sua vez era filho de Zeus, e o nome foi escolhido devido à confusão inicial relacionada aos dois elementos. A história de Níobe é bastante interessante. Níobe tinha muitos filhos e filhas, e se gabava disso. Era esposa do rei de Tebas, logo, rainha da cidade. Em certa ocasião, em festa e tributo a deusa Lacona, divindade da maternidade e mãe dos deuses Apolo e Ártemis, o povo se reuniu para adorar a deusa. Níobe ao chegar, sentiu raiva de seu próprio povo, por adorar uma deusa que nunca viram e não a ela, descendente dos deuses, e que possuía muito mais filhos. Ao demonstrar sua raiva, Níobe se comparou com a deusa, e se gabou de ter mais filhos. O povo então abandonou o culto, deixando a deusa enfurecida. Em retaliação, Apolo e Ártemis, em meio às nuvens, mataram todos os filhos de Níobe, com flechas. Diz a lenda que, em uma grande tristeza e em lágrimas, Níobe se tornou a pedra chorona (GALAHAD; MENDONÇA, [2018]).

A imagem mostrada na Figura 1 se refere a uma foto retirada em Manisa, na Turquia, perto do Monte Sípilo. Segundo algumas histórias, trata-se da própria Níobe, transformada em pedra, depois do ocorrido com seus filhos (RIBEIRO JR., 2015).

FIGURA 1

A Rocha Que Chora



Fonte: Ribeiro Jr. (2015).

A Figura 2 mostra a obra de arte chamada *O castigo da arrogante Níobe por Diana e Apolo* e foi pintada por Pierre Charles Jombert em 1772. Representa os irmãos deuses atirando suas flechas nos filhos de Níobe.

FIGURA 2

O Castigo da Arrogante Níobe por Diana e Apolo



Fonte: Jombert (1772).

3.2 PROPRIEDADES DO METAL

O Nb reage quimicamente com muitos elementos não metálicos quando aquecido, e gera produtos, geralmente, não estequiométricos e que são intersticiais. Em temperatura ambiente, não reage com outras substâncias como a água ou com o ar, nem com ácidos, com exceção do ácido fluorídrico e sua mistura com ácido nítrico (GREENWOOD, 2003 *apud* SOUSA; FERNANDES; GUERRA, 2013). Suas inúmeras características, como sua maleabilidade, ductilidade, condutividade térmica, condutividade elétrica, o fenômeno da supercondutividade e resistência à corrosão, permitem sua utilização nas mais diversas áreas para diferentes necessidades.

A condutividade térmica é uma característica física dos materiais e está relacionada à capacidade dos mesmos de transferir calor, quantificando essa informação. O Nb apresenta uma condutividade térmica de 0,537 W/cm.K (watts por centímetro-kelvin) ou 53,7 W/m.K (watts por metro-kelvin) no Sistema Internacional de Unidades (LUZ, 2019a). Já a condutividade elétrica pode ser definida como a capacidade do material de transportar cargas elétricas, quando o mesmo é submetido a uma diferença de potencial elétrico. Seu oposto é a resistividade elétrica, relacionada à capacidade do material de não permitir a passagem da corrente. O metal Nb possui condutividade elétrica de $0,0693 \times 10^6$ S/cm (LUZ, 2019b).

A supercondutividade foi descoberta em 1911 na Holanda, por Heike Kamerlingh Onnes, após perceber que a resistividade elétrica do mercúrio diminuía consideravelmente quando resfriado a 4,2K. Essa temperatura, onde o material passa a ser um supercondutor, é chamada de temperatura de transição supercondutora ou temperatura crítica (VALADÃO, 2015). Assim, um supercondutor deixa de oferecer resistência quando tem a temperatura diminuída, podendo ser considerado um condutor perfeito. Eles também podem gerar campos magnéticos poderosos e não geram calor, além de serem transportadores de energia altamente eficientes, propriedades que os tornam materiais muito interessantes para muitas aplicações. O fenômeno da supercondutividade do Nb, acontece para o metal puro a temperatura crítica igual a 9,15K. Essa temperatura é considerada alta, quando comparada a de outros metais supercondutores e o torna um dos mais econômicos para estas aplicações (SILVA; MEI, 2006 *apud* CERNIAK, 2012).

A corrosão é a destruição ou deterioração causado por reações de oxirredução em metais. Nessas reações ocorre a transferência de elétrons, onde um cede elétrons (oxidação) e outro os recebe (redução). Nos metais colocados no ambiente, essa reação pode acontecer com o oxigênio presente no ar, já que os metais têm uma tendência a oxidar muito maior que esse elemento. A resistência à corrosão é então uma característica que se refere à capacidade do material a suportar agentes corrosivos sem que suas propriedades e capacidades sejam afetadas.

“A resistência à corrosão do Nb em diversos meios, incluindo aqueles altamente corrosivos, deve-se basicamente pela formação de um filme superficial de óxido que se forma espontaneamente ao ar ou em presença de umidade; ele tem características bastante protetoras e fortemente aderentes (QUELHAS, 2007, p. 11).” Essa é chamada de “camada de passivação”, uma película superficial de óxido que dá ao elemento resistência à corrosão. Isso o torna um elemento resistente em vários ambientes e também dá essa característica a ligas em que ele está presente.

3.3 APLICAÇÕES

Segundo a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração, CBMM (2021), o nióbio apresenta as mais diversas aplicações, desde a melhoria da mobilidade urbana ao desenvolvimento e criação de materiais inteligentes, gerando resistência, leveza e eficiência, até aplicações em engenharia para os mais diversos problemas, envolvendo sustentabilidade e segurança, além de auxiliar na produção de energia limpa, como em baterias com maior vida útil e maior eficiência. Assim, devido às suas inúmeras propriedades, o elemento está presente nas mais diferentes e diversas áreas.

Uma das mais importantes aplicações são sua inclusão em ligas metálicas, misturas em que pelo menos um dos componentes é um metal. A mistura de metais é empregada para que características específicas sejam alcançadas para determinados fins.

“As características do nióbio, como alta condutividade térmica e elétrica, maleabilidade, ductilidade e alta resistência à corrosão, ao calor e ao desgaste conferem ao metal a capacidade de melhorar as propriedades de materiais, tornando-os mais eficientes” (CBMM, 2021). Assim, o Nb pode ser empregado para obter ligas com características específicas para muitas utilidades. Estudos envolvendo ferro-nióbio em aço para melhoria de suas propriedades vêm sendo desenvolvidos desde 1932 (SILVA, 2017). O Nb é utilizado largamente na siderurgia. Segundo Carneiro (2016), mais de 90% do nióbio produzido no mundo é utilizado na formação de aços de ligas ferro-nióbio, sendo os aços microligados os mais comuns. Apenas algumas gramas por toneladas de aço, já oferece ao material um aumento considerável de resistência mecânica e tenacidade. Ainda segundo o autor, existem 4 mecanismos principais de atuação do nióbio dentro da liga:

Nos aços microligados, onde é adicionado em proporções de gramas por tonelada de aço, o nióbio atua por meio de quatro mecanismos principais – refina os grãos; retarda a recristalização da austenita; endurece por precipitação, e fixa átomos deletérios às propriedades dos aços. Esse último mecanismo é mais importante para os aços inoxidáveis ferríticos e para os conhecidos como “IF – Interstitial Free” enquanto os três primeiros são os responsáveis pelas melhorias de propriedades de todos os aços microligados (CARNEIRO, 2016, p. 63).

Tomemos como exemplo o aço inoxidável, aquele com maior resistência à oxidação, devido a presença de outros elementos como o cromo. Quando tem o nióbio inserido na sua liga, ele se torna um bom material para ser usado em “sistemas de exaustão de alta eficiência catalítica, que podem atingir 950°C” (SEER; MORAES, 2018). Isso porque o material adquire uma grande resistência a altas temperaturas.

A indústria aeroespacial é muito vasta, indo da criação de equipamentos como computadores, passando pela construção de aeroportos e a criação de foguetes, aviões e satélites voltados para explorações/expedições dentro e fora do espaço aéreo da terra, ou seja, inclui também o espaço. A engenharia aeroespacial envolve as mais diferentes especialidades, desde física, matemática, mecânica, termodinâmica, engenharia de materiais e utiliza dos mais sofisticados equipamentos eletrônicos e materiais. No Brasil, por exemplo, temos pesquisas da utilização do Nb para fabricar tubeiras de motores em foguetes, de múltiplos estágios, na sua forma pura no Laboratório de Combustão e Propulsão do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (LCP/INPE). Dentre os estudos, estão análises térmicas e de desempenho de propulsores no Laboratório Associado de Plasma, em São José dos Campos, São Paulo (*apud* OLIVEIRA *et al.*, 2017). Utilizando uma técnica conhecida como implantação iônica por imersão em plasma (3IP) de nitrogênio, existe uma formação de nitreto com o nióbio, que apresenta uma certa resistência à oxidação e estabilidade térmica (OLIVEIRA *et al.*, 2017). O alto ponto de fusão e sua capacidade refratária tornam o Nb um elemento muito útil na produção de motores espaciais.

A liga C-103 composta por nióbio, háfnio e titânio é usada em bocais e propulsores de foguetes. Essa liga aceita revestimentos de oxidação e aguenta temperatura de mais de 1300°C, além das propriedades refratárias que o tornam de grande interesse. Dentro desse ramo também se encontram aplicações do Nb para turbinas de aviões, utilizando superligas. Na forma de óxido, 10% do que é produto se destina a essa

aplicação (SILVA, 2001 *apud* CERNAIAK, 2012). Muitas dessas superligas também são utilizadas em atmosferas oxidantes. Essas também suportam altas temperaturas, como exemplo a Inconel, uma liga com 5,5% de Nb a base de níquel. É utilizada em motores de jatos, indústrias nucleares, criogênicas e petroquímicas. As características que o fazem ser utilizado, por exemplo em motores, são a capacidade de operar em altas temperaturas e a sua baixa densidade (CERNAIAK, 2012).

As ligas de ferro-níquel no aço também são amplamente utilizadas na construção, por exemplo, em aços estruturais. O fato desse material ser mais leve reduz custos, tanto em matéria prima como em tempo, quando comparados com os materiais usados tradicionalmente. O uso de nióbio na liga também diminui a quantidade de carbono no mesmo, melhorando sua capacidade de soldabilidade. Isso contribui para a estética da construção dos ambientes, tendo em vista que eles muitas vezes necessitam de resistência, maleabilidade e o uso de solda. Já é possível encontrá-la em edifícios, aeroportos, pontes, trilhos de ferrovias, torres de transmissão e outros. Um exemplo é a ponte Juscelino Kubitschek, mostrada na Figura 3, com 1200 metros de comprimento e 4 mil toneladas. Ela apresenta vãos livres, e foi construída com mais economia e facilidade ao utilizar aços com nióbio em sua composição (IBRAM, 2020).

FIGURA 3

Ponte Juscelino Kubitschek



Fonte: Monique Renne (2020).

Nas indústrias automobilísticas, uma questão de grande interesse para a evolução dos carros se refere a sua leveza. Isso é obtido quando se usa ligas de Nb na sua estrutura. A adição de apenas 300g do metal ao aço, já lhe confere considerável diminuição de densidade, reduzindo o peso do carro em 200 kg, que culmina em menos gastos com combustível e menor emissão de CO₂ por quilômetro (CBMM, 2017a *apud* SEER; MORAES, 2018).

Existem muitas pesquisas que apontam o uso do Nb em pilhas, principalmente no formato do óxido de nióbio (Nb₂O₅). Combinações com o óxido de titânio (TiO₂), como na proporção de 1TiO₂:12Nb₂O₅, tiveram sua estrutura e capacidade elétrica estudadas, e posteriormente, foram utilizadas na construção de pilhas com lítio, se mostrando ótimos substitutos para carbonatos, comumente usados como cátodos (GRIFFITH; SENYSHYN; GREY, 2007).

As propriedades catalíticas do Nb e sua disponibilidade o tornam de grande interesse na área da catálise. Os óxidos que levam nióbio são ótimos catalisadores, devido a estabilidade e a interação metal-suporte (GUERRERO-PEREZ; BANARES, 2008 *apud* CHAGAS, 2019), que é uma migração que acontece de espécies reduzidas para a superfície metálica.

A principal característica do Nb para seu uso na medicina e em joias é ser um metal hipoalergênico (substância que tem poucos alérgenos, causadores de alergias). Isso faz com que o corpo tenha uma boa aceitação ao seu uso, como em marca-passos ou colares e brincos.

Nas joias, seu processo de oxidação pode gerar no metal diferentes colorações no processo de anodização (criação de um filme de óxido superficial), como roxo, amarelo ou verde em ligas com alumínio, titânio e tântalo (SEER; MORAES, 2018). Além disso, ele também é um metal brilhante e de aspecto lustroso, que junto a sua característica hipoalergênica, agrega valor ao produto.

Na medicina, são várias as possíveis aplicações do metal. Segundo Aguiar (2021a), o metal também pode ser usado em próteses ortopédicas. Devido às suas características, ele diminui a rejeição do corpo ao material e ajuda até mesmo a evitar cirurgias que por vezes são processos dolorosos para o encaixe da prótese. Outros exemplos na medicina são o uso de bobinas supercondutoras que geram campos magnéticos fortes para se obter imagens por ressonância magnética e a utilização do efeito Josephson, através do biomagnetismo, capaz de detectar em correntes sanguíneas e no cérebro, campos magnéticos muito pequenos, registrando as atividades do cérebro ou do coração (CERNIAK, 2012).

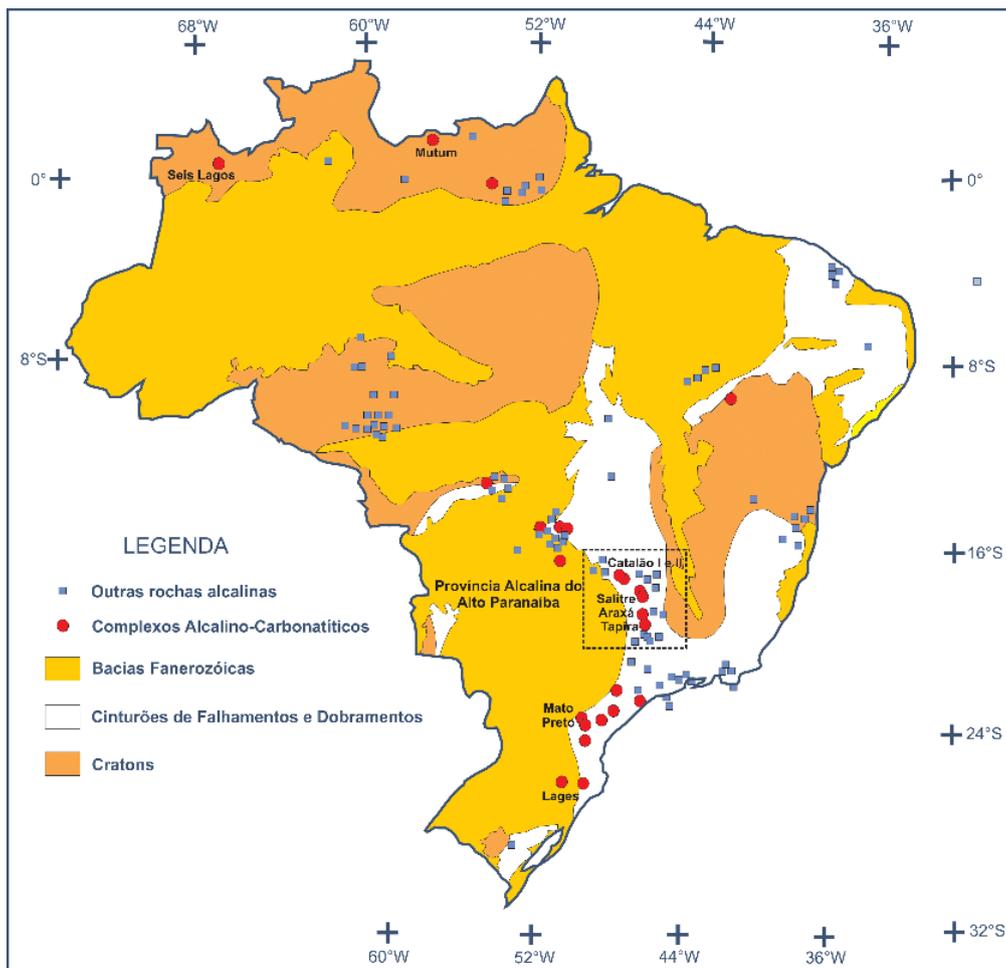
3.4 OCORRÊNCIA

O Nb não é encontrado na natureza na sua forma metálica elementar, apenas em minérios, junto a outros elementos. Minérios são agregados de minerais ricos em um determinado mineral ou elemento químico que é econômica e tecnologicamente apropriado para extração. Os minerais são os principais componentes das rochas e constituem-se compostos sólidos de origem natural, com um arranjo atômico altamente ordenado, composição química homogênea, definida, cristalina é formado por processos inorgânicos (WICANDER; MONROE, 2017).

No Brasil, podemos encontrar complexos carbonatíticos com nióbio em cinco Províncias Alcalino-Carbonatíticas: Alto Paranaíba, Alto Araguaia, Amazônica, Sudeste e Sul (SEER; MORAES, 2018). No mapa da Figura 4 observa-se as ocorrências de rochas ígneas alcalinas no país e na Figura 5 pode ser vista a Província Ígnea Alcalina do Alto Paranaíba.

FIGURA 4

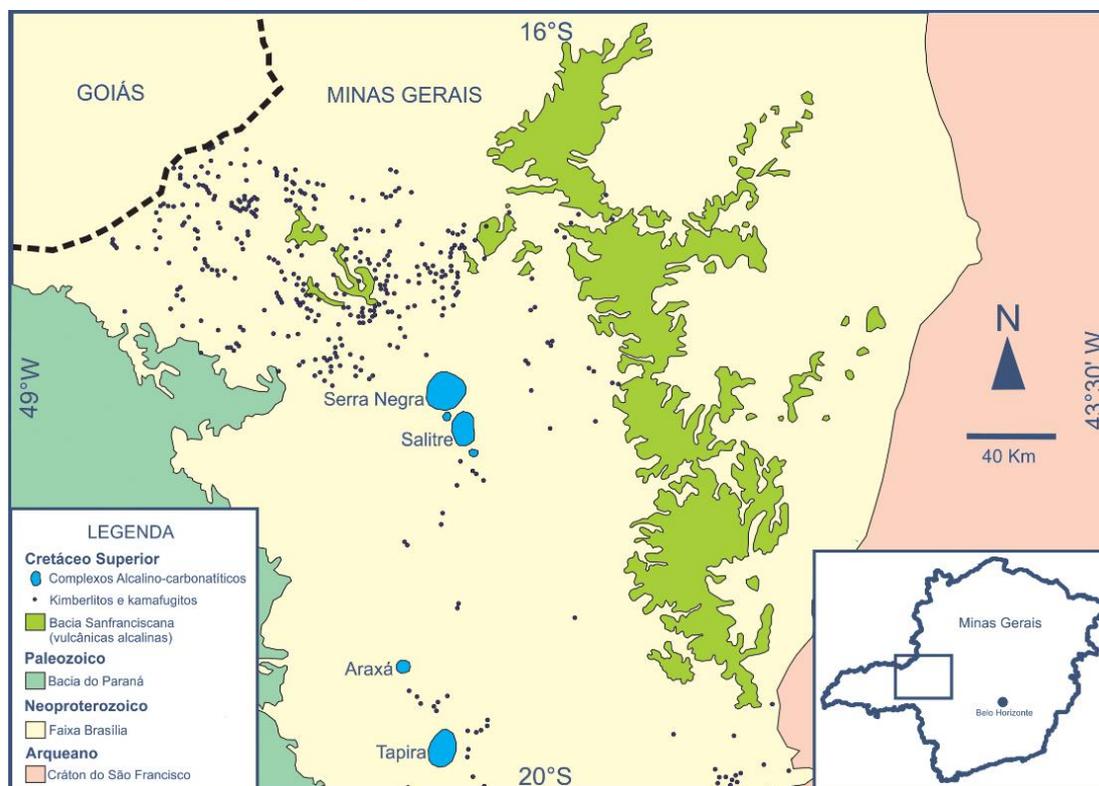
Ocorrências de rochas ígneas alcalinas no nosso Brasil



Fonte: Ribeiro *et al.* (2014 *apud* SEER; MORAES, 2018).

FIGURA 5

Província Ígnea Alcalina do Alto Paranaíba



Fonte: Oliveira *et al.* (2004 *apud* SEER; MORAES, 2018).

Segundo Carneiro (2016), rochas comuns para se encontrar o elemento são as de origem magmáticas do tipo carbonáticas associadas a minerais alcalinos, que contam com uma concentração maior que 50% de carbonatos (CO_3^{2-}) em sua composição. No mundo, 58 depósitos de rochas com presença de nióbio foram identificados, sendo poucos deles explorados para obtenção de informações mais aprofundadas (BERGER; SINGER; ORRIS, 2009 *apud* CARNEIRO, 2016). Dentre os mais importantes minérios que o contêm, temos:

pelo aspecto econômico, o Bariopirocloro $(\text{Ba,Sr})_2 (\text{Nb,Ti})_2 (\text{O,OH})_7$ presente no minério do carbonatito de Araxá, explorado pela CBMM, o Pirocloro $(\text{Na,Ca})_2 \text{Nb}_2 \text{O}_6 (\text{OH,F})$ presente no minério explorado em Quebec, no Canadá, pela IAMGOLD, a Columbita- -tantalita $(\text{Fe,Mn}) (\text{Nb,Ta})_2 \text{O}_6$ do minério de estanho e tântalo da Mineração Taboca, controlada pela peruana Minsur, e a Loparita $(\text{Ce,Na,Ca})_2 (\text{Ti,Nb})_2 \text{O}_6$ presente no minério russo da península de Kola. (CARNEIRO, 2016, p. 62).

Mais de 90 minerais com o elemento tântalo, outro elemento químico comumente associado ao nióbio, já foram encontrados. No entanto, os mais explorados são o bariopirocloro, a columbita-tantalita, o pirocloro e a loparita.

Atualmente tais nomenclaturas não se referem mais a minerais. O bariopirocloro “não é mais considerado uma “espécie” desde 2010. Hoje é definido como uma variedade do pirocloro rica em bário e estrôncio” (SEER; MORAES, 2018). Segundo o Banco de Dados de Minerais ao Microscópio, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o Pirocloro e a Columbita não são mais um mineral, e sim as denominações de um grupo de minerais (FRANK, 2020, 2021).

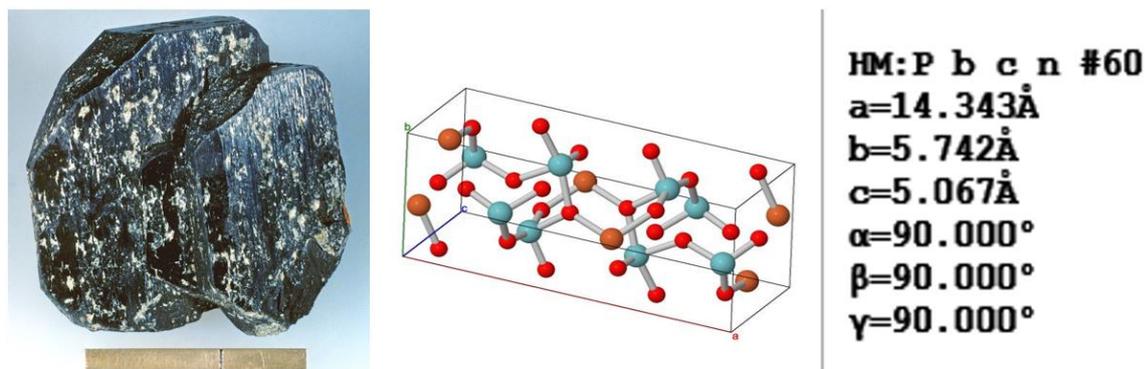
Como exemplo, a columbita não é usado para denominar um minério, mas sim um grupo de minérios, composto pelas Série Columbita-(Fe)-Columbita-(Mn) e a Série Columbita-(Fe)-Tantalita-(Fe) (FRANK, 2021). De acordo com Barbosa (2017), apresenta 394.81 g/mol de massa molar, sendo considerada uma:

solução-sólida na qual ocorre a substituição entre Nb e Ta, e entre Fe e Mn. A composição química varia entre columbita pura [(Fe,Mn)Nb₂O₆] e tantalita pura [(Fe,Mn)Ta₂O₆], possuindo ainda ferro-columbita (FeNb₂O₆), manganocolumbita (MnNb₂O₆), ferro-tantalita (FeTa₂O₆) e mangano-tantalita (MnTa₂O₆) como termos intermediários. No grupo da columbita-tantalita inclui se, também, a magnésiocolumbita [(Mg,Fe,Mn)(Nb,Ta)₂O₆] (FOUCAULT; RAOULT, 1995 *apud* BARBOSA, 2017).

Dentre as características físicas do grupo mineral, temos que o mesmo é preto acastanhado, apresenta densidade média de 5,28, é opaco, frágil, subconchoidal (apresenta fratura quebradiça com fragmentos subconcoides), seu hábito pode ser maciço, prismático ou ainda tabular, sua dureza é 6, sendo um grupo mineral ortoclássico que apresenta brilho submetálico. Sua risca é preto-avermelhada (WEBMINERAL, [2023]). A imagem apresentada na Figura 6 mostra um mineral Columbita-(Mn) Mn²⁺Nb₂O₆ apresentando estrutura ortorrômbica, extraído em Topsham, Condado de Sagadahoc, Maine, EUA (MINDAT.ORG, [2023]).

FIGURA 6

Columbita-(Mn) Mn²⁺Nb₂O₆ e sua estrutura ortorrômbica



Fonte: Mindat.org (2023).

3.5 ECONOMIA EM TORNO DO NIÓBIO

Grande parte do elemento comercializado no mundo é originado de reservas em nosso país, mais de 90%. Em seguida vem o Canadá e a Austrália com uma quantidade bem menos expressiva. Ainda, segundo a CBMM, cerca de 98% das reservas mundiais estão no nosso país. “As reservas brasileiras são da ordem de 842, 46 milhões de toneladas e encontram-se em Minas Gerais (75%), Amazonas (21%) e Goiás (3%) (BRANCO, 2016)”. A exploração do mineral está, praticamente, em posse de duas empresas privadas, a Mineração Catalão de Goiás e em especial a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM). Essas foram responsáveis por colocar o elemento no topo dos minerais mais exportados, ficando em terceiro lugar, atrás do ferro e do ouro.

Segundo Aguiar (2021b), em matéria para a Click Petróleo e Gás, o diretor industrial da CBMM, Rogério Contato, afirma que cerca de R\$150 a R\$ 200 milhões foram investidos em tecnologia e pesquisa com o elemento, em plena pandemia, e a capacidade do elemento foi elevada a 150 mil toneladas/ano. Segundo a empresa, tais informações preveem novos mercados surgindo. Mais de 200 projetos estão sendo guiados pela empresa, em parceria com centros tecnológicos, universidades e outros, dentro e fora do país. Essa economia também gerou milhares de empregos.

4 CONCLUSÃO

Diante do exposto, considera-se que a temática do Nb para o ensino de química é potencialmente rico e pode ser alinhado de diversas maneiras ao movimento CTS. Conteúdos como misturas, separação de misturas, propriedades dos metais, ligações metálicas, reações de oxirredução e propriedades físicas da matéria podem ser relacionados, por exemplo, à mineração do elemento, aos incidentes nas áreas de mineração que ocorreram no país nas últimas décadas, aos avanços na tecnologia que o elemento proporciona às mais diversas áreas e sobre a riquezas naturais da nação. Além disso, também pode, de forma interdisciplinar, compor aulas de outras disciplinas como a história, geografia e biologia.

O ensino contextualizado auxilia na formação de um cidadão crítico, que passa a entender o mundo a sua volta e como os avanços na tecnologia e na ciência estão relacionados ao meio ambiente, a ética, a organização da sociedade, a política, a história e a inúmeros outros assuntos, tornando o estudante em um ser mais ativo na sociedade e na realidade que o cerca.

OS AUTORES

Katiúscia Daiane Ferreira

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Itumbiara/ Departamento de Áreas Acadêmicas
katiuscia.ferreira@ifg.edu.br

Tatiana Aparecida Rosa da Silva

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Itumbiara/ Departamento de Áreas Acadêmicas
tatiana.silva@ifg.edu.br

Luis Otávio Silva

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Itumbiara/ Técnico Integrado em Química – PIBIC-EM
luis.otavio@estudantes.ifg.edu.br

Gustavo Henrique Silva

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Itumbiara/Licenciatura em Química – PIBIC
henrique.gustavo@estudantes.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Junior. Nióbio na saúde: entenda como esse elemento é importante para salvar vidas. *Click Petróleo e Gás*, 2021a. Disponível em: <https://clickpetroleoegas.com.br/niobio-na-saude-entenda-como-esse-elemento-e-importante-para-salvar-vidas/>. Acesso em: 24 nov. 2021.

AGUIAR, Junior. CBMM: Novos mercados de nióbio mira retomada da economia através da tecnologia com aplicação em veículos elétricos e pesquisas. *Click Petróleo e Gás*, 2021b. Disponível em: <https://clickpetroleoegas.com.br/novos-mercados-de-niobio-mira-retomada-da-economia-atraves-da-tecnologia-com-aplicacao-em-veiculos-eletricos-e-pesquisas/>. Acesso em: 6 fev. 2023.

BARBOSA, Cleonilson M. *Síntese e caracterização de eletrocatalisadores mistos de nióbio e tântalo dopados com Co, Cu e Ni a partir da columbita/tantalita*. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

BRANCO, Pércio de M. *Nióbio brasileiro*. Brasília: SGB Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2016. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/CPRM-Divulga/Canal-Escola/Niobio-Brasileiro-2616.html>. Acesso em: 4 fev. 2023.

CARNEIRO, Tadeu. Nióbio–desenvolvimento tecnológico e liderança. *In: MELFI, Adolpho J.; MISI, Aroldo; CAMPOS, Diógenes de A.; CORDANI, Umberto G. Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 60-67. Disponível em: <https://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-7006.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2023.

CBMM (Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração). *O que é o nióbio?* Araxá: CBMM, 2021. Disponível em: <https://cbmm.com/pt/Niobio>. Acesso em: 10 fev. 2023.

CERNIAK, Samuel Nogueira. *Estudo e desenvolvimento de um capacitor eletrolítico de nióbio*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

CHAGAS, Poliane. *Versatilidade de compostos a base de nióbio: aplicação em oxidação de glicerina residual, em terapia fotodinâmica e formação de nanogéis*. 2019. Tese (Doutorado em Ciência) – Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

FRANK, H. T. *Pirocloros – $A_2Nb_2(O,OH)_6Z$* . Porto Alegre: UFRGS/Banco de Dados de Minerais ao Microscópio – MinMicro, 2020. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/minmicro/Pirocloros.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2023.

FRANK, H. T. *Columbita – $(Mg,Fe^{++},Mn)(Nb,Ta)_2O_6$* . Porto Alegre: UFRGS/Banco de Dados de Minerais ao Microscópio – MinMicro, 2021. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/minmicro/Columbita.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2023.

GALAHAD, L. C.; MENDONÇA, Brenda. *Níobe e seus 14 filhos. Mitologia Grega Br: Curiosidades sobre Deuses, Monstros e Heróis*, [2018]. Disponível em: <https://mitologiagrega.net.br/niobe-e-seus-14-filhos/>. Acesso em: 8 fev. 2023.

GRIFFITH, Kent J.; SENYSHYN, Anatolii; GREY, Clare P. Structural stability from crystallographic shear in TiO_2 - Nb_2O_5 phases: Cation ordering and lithiation behavior of $TiNb_24O_62$. *Inorganic Chemistry*, v. 56, n. 7, p. 4002-4010, 2017.

IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração). *As curiosidades sobre o nióbio*. Brasília: IBRAM, 2020. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/as-curiosidades-sobre-o-niobio/>. Acesso em: 13 fev. 2023.

JOMBERT, Pierre C. *O Castigo do Arrogante Niobe de Diana e Apolo*. 1772. Óleo sobre tela, 35,7 x 28,1 cm. Em exposição no The Met Fifth Avenue, Nova York, EUA. Disponível em: <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/337479>. Acesso em: 8 fev. 2023.

LUZ, Gelson. Condutividade Térmica do Nióbio (Nb) + Descoberta, Fontes, Estado. *Blog Materiais*, 2019a. Disponível em: <https://www.materiais.gelsonluz.com/2019/09/condutividade-termica-do-niobio-nb.html>. Acesso em: 8 fev. 2023.

LUZ, Gelson. Condutividade Elétrica do Nióbio (Nb) + Cor, Usos, Descoberta. *Blog Materiais*, 2019b. Disponível em: <https://www.materiais.gelsonluz.com/2019/09/condutividade-eletrica-do-niobio-nb-cor.html>. Acesso em: 8 fev. 2023.

MIDANT.ORG. *Columbite-(Mn)*. Keswick: Hudson Institute of Mineralogy, [2023]. Disponível em: <https://www.mindat.org/min-2520.html>. Acesso em: 5 fev. 2023.

OLIVEIRA, Aline C. de et al. Cordões de solda de nióbio tratados termicamente via implantação iônica por imersão em plasma. *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 61-68, 2017.

PINHEIRO, Nilceia A. M.; SILVEIRA, Rosemari M. C. F.; BAZZO, Walter A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

QUELHAS, Karen A. de S. Estudo da corrosão do nióbio em meio metanólico. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

- RIBEIRO JR., Wilson A. A rocha de Niobe. *Portal Graecia Antiqua*, São Carlos. 2015. Disponível em: <https://greciantiga.org/img.asp?num=1356>. Acesso em: 11 fev. 2023.
- ROMANOWSKI, Joana P.; ENS, Romilda T. As pesquisas denominadas do tipo “Estado da Arte” em educação. *Revista Diálogo Educacional*, v. 6, n. 19, p.37-50, 2006.
- SANTOS, Wildson L. P. dos. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v. 1, número especial, 2007.
- SEER, Hildor J.; MORAES, Lucia C. de. *Nióbio*. In: PEDROSA-SOARES, Antônio Carlos; VOLL, Eliane; CUNHA, Edson Campos (coord.). *Recursos Minerais de Minas Gerais On-Line: síntese do conhecimento sobre as riquezas minerais, história geológica e meio ambiente e mineração de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (Codemge), 2018. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/niobio/>. Acesso em: 9 fev. 2023.
- SILVA, Marcos A da. *Efeito do elemento de liga nióbio na condutividade térmica, microestrutura e propriedades mecânicas de uma liga de ferro fundido cinzento*. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Caxias do Sul, 2017.
- SOUSA, Raquel M. F. de; FERNANDES, Luciano E.; GUERRA, Wendell. Nióbio. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 1, p. 68-69, fev. 2013.
- VALADÃO, Daniela R. B. *Estudo das propriedades supercondutoras de filmes e bicamadas de Nb, Sn e Pb*. Tese (Doutorado em Ciência de Materiais) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.
- WEBMINERAL. General Columbite – (Mn) Information. Weinrich Minerals. [2023]. Disponível em: <http://www.webmineral.com/data/Columbite%28Mn%29.shtml#.YgbMPt9KjIX>. Acesso em: 11 fev. 2023.
- WICANDER, Reed; MONROE, James S. *Geologia*. São Paulo: Cengage Learning, 2017.

Análise do desempenho do reboco projetado em relação ao manual – um estudo de caso em Formosa/GO

3

**Alécio Junior Mattana
Luiz Fernando Magalhães Xavier**

Resumo

A evolução tecnológica está sempre presente na indústria. Na indústria da construção civil, isso não é diferente, de modo que empresas têm buscado se adaptar cada vez mais àquilo que o mercado exige para não ficarem ultrapassadas em relação aos concorrentes. Com isso, muitas construtoras têm procurado alternativas que sejam econômicas e que atendam às exigências do mundo atual. Uma dessas evoluções tecnológicas encontra-se na aplicação de argamassa de revestimento por sistema de projeção, que utiliza equipamento para lançamento da argamassa na parede e procedimento específicos, buscando aumento de qualidade e produtividade. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade e desempenho do revestimento de paredes, fazendo a comparação entre os métodos de reboco projetado e manual. Ambos os sistemas foram empregados em uma obra

composta por 8 prédios residenciais, localizada na cidade de Formosa/GO, que foi usada como estudo de caso desta pesquisa. Dessa maneira, foram comparados vários itens relacionados à qualidade, buscando concluir qual dos métodos foi o que teve melhor desempenho para a obra em questão. Com base nos estudos, foram utilizados os dados recolhidos na obra, como: as Fichas de Verificação de Serviços (FVSs), os relatórios fotográficos e os resultados referentes ao ensaio de resistência de aderência à tração (NBR 13528:2019). Depois de todo o estudo feito e a análise dos dados de obra concluída, pôde-se afirmar que o método que apresentou um melhor desempenho foi o reboco projetado, sendo vantajoso para esse tipo de construção.

Palavras-chave: Reboco projetado. Reboco manual. Argamassa. Qualidade. Revestimento.

1 INTRODUÇÃO

O uso de argamassa para revestimento de paredes em construções é algo indispensável nas construções e tem a importante função de proteger a alvenaria, deixando a superfície pronta para receber outros acabamentos. Com a indústria da construção civil evoluindo, têm surgido novas metodologias de aplicação dessas argamassas. Além do método tradicional, que é a projeção manual de argamassa com o auxílio da colher de pedreiro, tem-se a aplicação pelo método projetado, em que a projeção depende do uso de equipamento.

A crescente preocupação em melhorar o uso da argamassa na produção de revestimentos se deve ao fato de esse sistema ser responsável por grande parte da geração de resíduos e ter baixos níveis de produção (RIBEIRO, 2016). Com isso, as empresas têm buscado investir em metodologias que tendem a melhorar o processo de aplicação de argamassa, porém é necessário observar estudos e pesquisas que evidenciem o que é melhor para o construtor e sua obra.

Em seu trabalho, Delvino (2016, p.13) afirma que “a argamassa projetada mecanicamente vem como um forte aliado às novas exigências do setor da construção civil”. Tendo em vista que muitas construtoras buscam obter maior produtividade, menor mão de obra e aumento na qualidade, o método de projeção com o uso da máquina vem com o intuito de atender a esses requisitos, seguindo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2002).

Um dos problemas que mais tem atrapalhado a implementação deste novo método no cenário da construção civil está relacionado a mão de obra, pois são necessários profissionais qualificados e isso acaba dificultando o crescimento dessa industrialização. Segundo Pereira (2014), encontrar profissionais qualificados revelou-se um dos maiores desafios de acordo com uma pesquisa da Fundação Dom Cabral. Cerca de 91% das empresas associadas relataram essa dificuldade.

Com o intuito de saber qual dos métodos se apresenta mais viável, muitas empresas têm mesclado entre o uso do reboco convencional e projetado, visto que a falta de mão de obra qualificada ainda é presente no contexto atual. E como as construtoras não querem perder tempo em sua produção, ainda optam por utilizar as duas metodologias.

O trabalho em questão visa analisar e comparar as propriedades ligada ao desempenho e qualidade de ambos os métodos, através de um estudo de caso em uma obra localizada na cidade de Formosa/GO. A obra é constituída de 8 prédios residenciais executados com alvenaria estrutural e de vedação, cada prédio possui 4 pavimentos com 4 apartamentos cada, totalizando 128 apartamentos.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é analisar qual é o melhor sistema de revestimento de paredes, seja ele o método convencional ou projetado, observando suas características relacionadas a qualidade e desempenho. Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Caracterizar ambos os métodos, observando sempre o seu desempenho;
- Evidenciar qual dos dois sistemas possui melhor qualidade neste tipo de serviço, com base nos dados obtidos deste estudo de caso;
- Analisar metodologia, erros e principais problemas encontrados na aplicação, tanto do manual como do projetado.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 REVESTIMENTO DE PAREDES EM ARGAMASSA

O reboco pode ser entendido como a proteção de uma superfície porosa com uma ou mais camadas superficiais, com dimensão geralmente uniforme, resultando em uma superfície capaz de receber a decoração final (DELVINO, 2016). O revestimento de argamassa tem a função básica de proteger e regularizar a base da ação de agentes degradantes externos, bem como de auxiliar na estanqueidade à água e aos gases e no isolamento termoacústico, o que contribui para a durabilidade das edificações (PERETTO, 2017). Baía e Sabbatini (2008) complementam que o reboco serve de base regular adequada ao recebimento de outros revestimentos ou constituir-se no acabamento final, além de contribuir para a estética da fachada. Por fim, Carasek (2010) completa que, além do isolamento térmico-acústico e da estanqueidade à água, promove a resistência ao fogo e ao desgaste de um sistema de vedação de um edifício.

Diante de todas as afirmações apresentadas, pode-se observar o quanto a execução desse item construtivo é de suma importância para a obra e, mais do que isso, é necessário que tenha uma ótima qualidade para que não venha a ter problemas futuros. O revestimento de paredes em argamassa pode ser constituído de várias camadas, sendo elas: o chapisco, emboço e reboco, além de ter também a camada única. Serão apresentadas a seguir as características de cada uma delas.

3.2 CHAPISCO

O chapisco, é a primeira camada para que possa ser feito o revestimento das paredes em argamassa, sua principal função é fornecer aderência as próximas camadas. De acordo com a norma (ABNT, 2013), o chapisco é uma camada de preparo da base, aplicada de maneira contínua ou descontínua, cuja composição se dá pela mistura de cimento, areia e aditivos (quando o uso desses se faz necessário). Sua função é uniformizar a superfície quanto à absorção e ampliar a aderência entre a base e a camada de revestimento posterior ao chapisco.

3.3 EMBOÇO

O emboço vem como a segunda camada, logo após o chapisco, e sua principal função é regularizar. A NBR 13529 (Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas) define o emboço como uma camada de revestimento de argamassa cuja função é cobrir e regularizar a superfície do substrato, permitindo o recebimento de outra camada (reboco) ou a colocação de revestimento decorativo (placas cerâmicas, por exemplo), podendo também constituir-se do acabamento final (ABNT, 2013).

3.4 REBOCO

A terceira e última camada é o reboco, que serve para dar acabamento ao revestimento. Segundo Bauer (2005) o reboco é a camada de revestimento que cobre o emboço proporcionando uma superfície pronta para receber revestimento decorativo, ou permanecer como acabamento final. A espessura dessa camada deve ser apenas o necessário para formar uma superfície lisa e contínua. Vale ressaltar que o reboco é diferente do emboço, pois o emboço possui uma superfície mais porosa (ou rugosa).

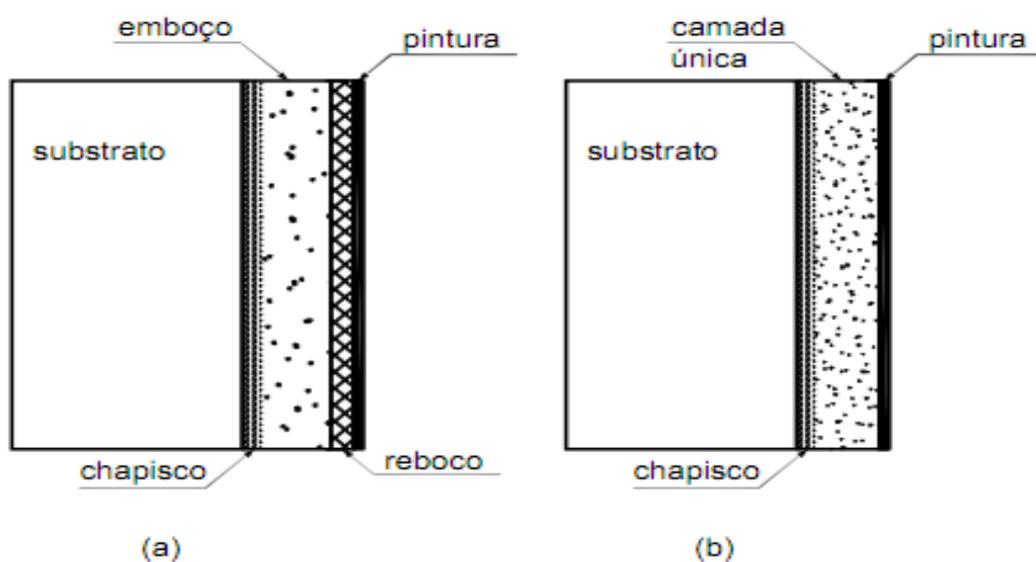
3.5 CAMADA ÚNICA

A camada única, que também é conhecida como “massa única” ou “reboco paulista”, é uma única camada de revestimento em argamassa que serve de base para uma camada decorativa, como placas cerâmicas ou pintura. Esse revestimento é executado sobre o chapisco, podendo assim descartar a etapa de emboço por incluir as exigências tanto do emboço como do reboco em uma única camada. Para Bauer (2005), esse tipo de revestimento é usado largamente em função da diminuição dos custos, principalmente os relativos à mão de obra, já que executar apenas uma camada torna-se mais simples e rápido.

Na Figura 1, pode ser observado o detalhe de cada uma dessas camadas, em que o item (a) expõe as primeiras três camadas e o item (b) mostra como é a camada única.

FIGURA 1

Diferentes alternativas de revestimento de parede:(a) chapisco + emboço + reboco + pintura;(b) chapisco + camada única + pintura



Fonte: Adaptada de Carasek (2010).

3.6 ARGAMASSA

De acordo com a ABNT NBR 13281 (2005), que acaba de ser atualizada para ABNT NBR 13281-1 (2023), argamassa é mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, podendo ou não conter aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser produzida em obra ou industrializada. Essa mistura é indispensável para o canteiro de obras, desde a fase inicial até o acabamento. Existem vários tipos de argamassa, cada uma com uma tipologia e função específica para cada serviço, como argamassa de assentamento ou de revestimento. Com a exigências de novas tecnologias que atendam com melhor qualidade e maior rapidez o canteiro de obras, tem crescido a procura das construtoras e empresários por métodos industrializados, bem como por argamassas industrializadas, em busca de qualidade de acabamento e de desempenho. Essa argamassa chega pronta ao canteiro de obra, necessitando apenas da adição de água (PERETTO, 2017). Com isso, existe maior confiança quanto à qualidade do produto em comparação ao dosado no canteiro de obra que, por sua vez, têm controles menos criteriosos.

4 METODOLOGIA

4.1 ESTUDO DE CASO

Durante o período de 6 meses, foi feita a coleta de dados em uma obra de 8 prédios residenciais, composta por 128 apartamentos no total (figuras 3 e 4).

FIGURA 2

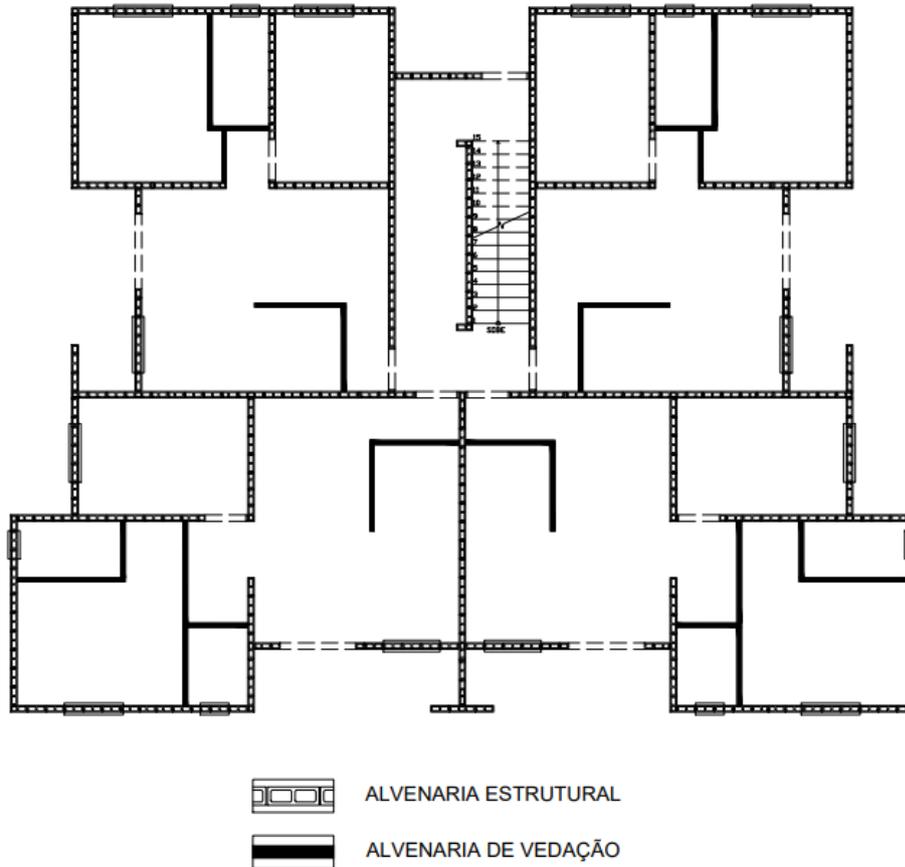
Foto panorâmica da obra do estudo de caso



Fonte: Elaborada pelos autores.

FIGURA 3

Planta baixa dos blocos



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os dados coletados foram estudados fazendo o comparativo entre o método de reboco manual com o projetado, com o intuito de saber qual deles teve uma melhor qualidade e desempenho para a obra em questão. Entre os dados que foram recolhidos em obra estão as FVSs, as fotos que foram tiradas durante o período e os resultados referentes ao ensaio de resistência de aderência à tração (NBR 13528:2019) de ambos os sistemas.

4.2 REBOCO MANUAL

O reboco manual foi feito utilizando argamassa convencional, feita *in loco* através de uma betoneira, o trabalho consiste na aplicação da massa com o auxílio de uma colher de pedreiro. Para que o método manual seja bem executado deve-se seguir alguns passos, de acordo com Anjos (2019) são:

- Executar as mestras do reboco, elas que determinam a espessura do reboco como um todo;

- Preparar a argamassa, rodando o seu traço 1:6 (1 parte de cimento, para 6 de areia) com betoneira ou manualmente;
- Aplicá-la na parede;
- Aguardar um pouco para que perca um pouco da água e seja possível sarrafejar a massa, atividade que deve ser feita sempre de cima para baixo, seguindo as alturas da mestra;
- Ao final, deve-se desempenar a parede, para que ela tenha um acabamento mais liso e homogêneo, retirando excessos que a régua metálica ao sarrafejar não conseguiu.

4.3 REBOCO PROJETADO

O reboco projetado foi feito utilizando argamassa industrializada, ou seja, a argamassa ensacada pronta para ser misturada com água na máquina. A máquina usada foi da marca PFT, modelo *G4 NEXT GENERATION* (Figura 2), que tem um recipiente para colocar a argamassa em pó e um para receber a água; no misturador, a água e a argamassa se encontram, formando uma massa homogênea, para poderem ser projetados sobre a parede.

FIGURA 2

Máquina de reboco projetado PFT G4



Fonte: JCD (2023).

É necessária a verificação de alguns itens preliminares para o início do serviço de reboco projetado, como: regular o nível de água na máquina, para que a argamassa tenha uma consistência ideal; colocar um reservatório cheio de água para abastecer a máquina; armazenar

sacos de argamassa próximo a máquina para que não falte material. O passo a passo da execução consiste em:

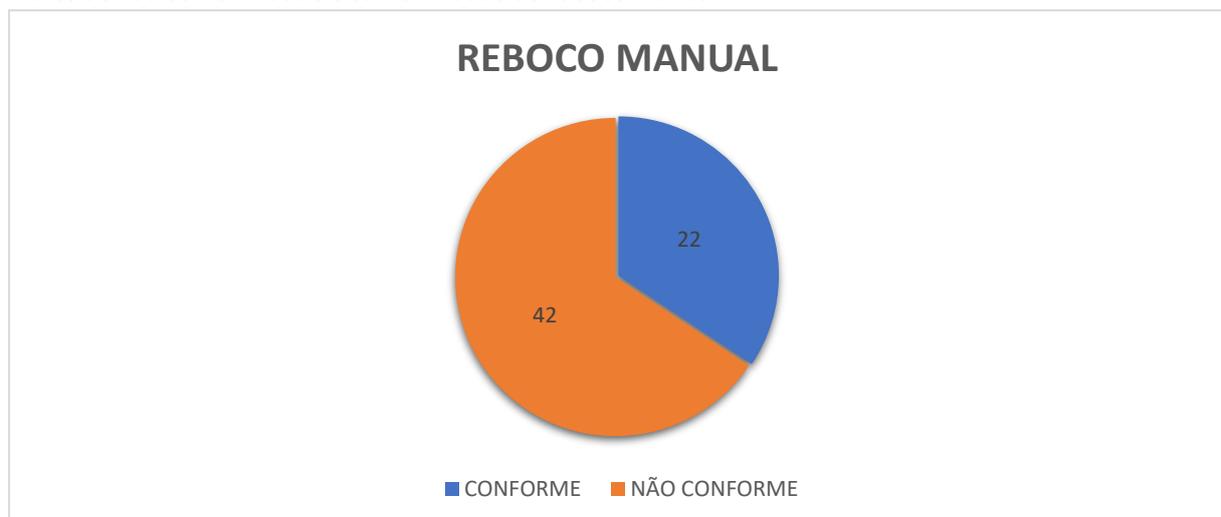
- Abrir o registro da máquina para receber a água;
- Regular a pressão do compressor para projeção;
- Colocar a argamassa em pó no recipiente até enchê-lo;
- Aguardar a mistura da argamassa com a água no misturador;
- Projetar a argamassa sobre a parede;
- Sarrafejar e desempenar.

5 RESULTADOS

As Fichas de Verificação de Serviços (FVSs) são documentos utilizados na gestão de obras para verificar a qualidade e o cumprimento de normas técnicas dos serviços, ou seja, são fichas que servem para validar ou não a execução do serviço, seguindo vários critérios. Na FVS do reboco foi analisado itens como: chapisco, taliscamento, juntas, planeza, requadro e acabamento final. Como resultado pode-se constatar que o reboco mecanizado se sobressai em relação ao manual. Isso pode ser confirmado nos gráficos 1 e 2, que relatam a quantidade de apartamentos com não conformidade e conformidade dos serviços de ambos os sistemas.

GRÁFICO 1

Índice de não conformidade e conformidade do reboco manual



Fonte: Elaborado pelos autores.

GRÁFICO 2

Índice de não conformidade e conformidade do reboco projetado



Fonte: Elaborado pelos autores.

Através do relatório fotográfico e relato dos funcionários, pode-se concluir que o método projetado também teve uma vantagem na questão do acabamento final, proporcionando uma camada mais uniforme do que o método manual (figuras 5, 6, 7 e 8). Isso ocorre porque o método manual utilizou-se da argamassa convencional que contém muito agregado que atrapalhou a execução do acabamento, como por exemplo, resíduos de pedrisco na areia.

FIGURA 5

Execução de reboco manual



Fonte: Elaborada pelos autores.

FIGURA 6

Paredes rebocadas pelo método manual



Fonte: Elaborada pelos autores.

FIGURA 7

Execução de reboco mecanizado



Fonte: Elaborada pelos autores.

FIGURA 8

Paredes rebocadas pelo método mecanizado



Fonte: Elaborada pelos autores.

O ensaio de resistência à tração ou teste de arrancamento verifica a interação entre as camadas constituintes do revestimento (base, ligação e acabamento), determinando o valor máximo da tensão de aderência suportada (figuras 9 e 10). De acordo com a norma ABNT NBR 13749

(2013), os limites de resistência de aderência à tração para emboço e camada única (reboco paulista) deve ser $\geq 0,30$ MPa.

FIGURA 9

Realização do ensaio de resistência de aderência à tração do reboco feito pelo método convencional



Fonte: Elaborada pelos autores.

FIGURA 10

Realização do ensaio de resistência de aderência à tração do reboco feito pelo método projetado



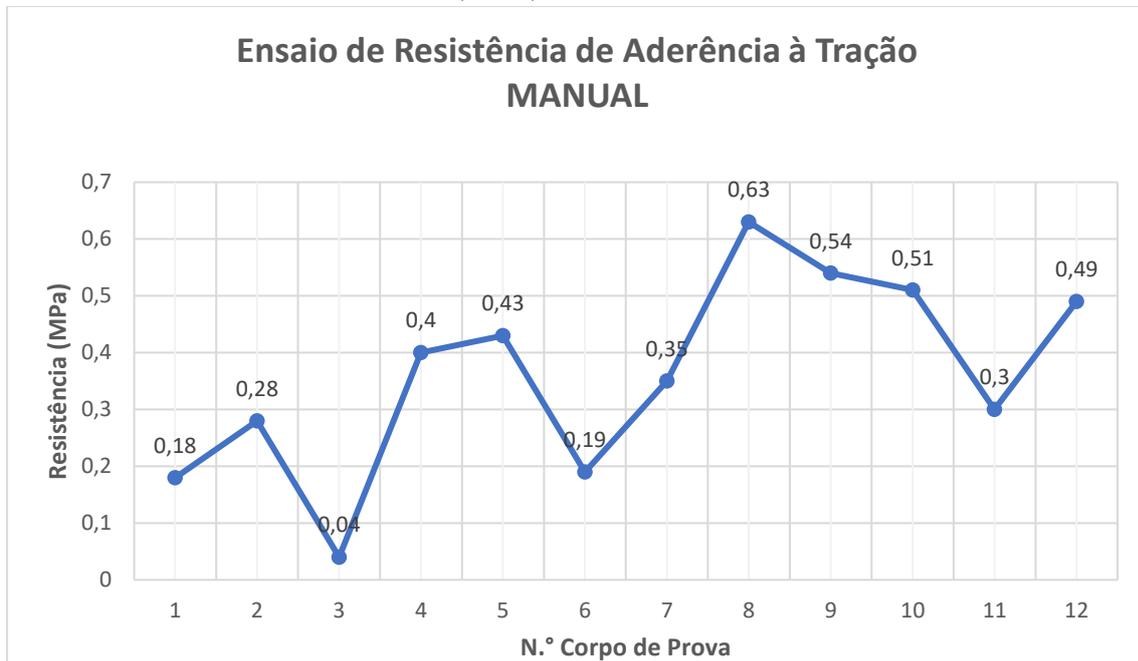
Fonte: Elaborada pelos autores.

A adesão da argamassa à superfície é principalmente resultado de fenômenos mecânicos: a aderência da argamassa de revestimento ocorre devido à penetração do ligante nas rugosidades e poros da superfície a ser aplicada. Assim, a adesão é uma propriedade que depende tanto da argamassa quanto do substrato. Vários fatores podem influenciar na correta ancoragem da argamassa na parede, desde fatores como a finura do cimento ou a distribuição granulométrica da areia, até a correta aplicação de energia durante o lançamento da argamassa no substrato.

A partir do ensaio realizado conforme ABNT NBR 13528 (2019), podemos ver nos gráficos 3 e 4, que ambos os métodos foram *aprovados*, pois pelo menos 8 dos 12 corpos de prova ensaiados atenderam o que é exigido pela norma.

GRÁFICO 3

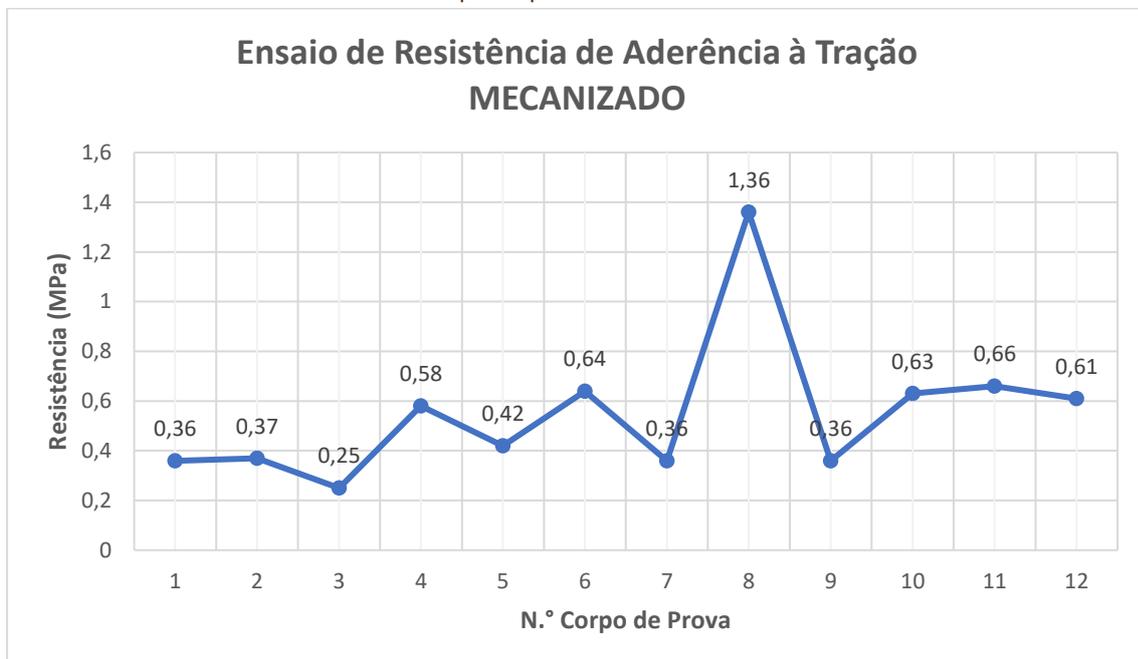
Gráfico referente aos valores de cada corpo de prova ensaiado do reboco manual



Fonte: Elaborado pelos autores.

GRÁFICO 4

Gráfico referente aos valores de cada corpo de prova ensaiado do reboco mecanizado



Fonte: Elaborado pelos autores.

Considerando as médias dos 8 maiores resultados de cada ensaio, o manual apresentou resistência média de $0,45 \text{ MPa}$ e o mecanizado de $0,65 \text{ MPa}$. Apesar dos dois resultados serem considerados aprovados, o mecanizado teve desempenho melhor, que pode proporcionar maior vida útil para a obra.

6 CONCLUSÃO

Em relação a critérios de qualidade e desempenho, pode ser verificado que o reboco mecanizado se sobressaiu. Cabe ressaltar que esse foi um estudo inicial, com apenas uma comparação de ensaio de resistência à aderência e Fichas de Verificação de Serviços (FVSs). Também deve ser levado em conta outros parâmetros, como custo relativo ao material e mão de obra, além do tipo e tamanho da construção que será executada.

OS AUTORES

Alécio Junior Mattana

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Formosa/ Departamento de Áreas Acadêmicas
alecio.mattana@ifg.edu.br

Luiz Fernando Magalhães Xavier

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Formosa/ Bacharelado em Engenharia Civil – PIBITI
luiz.xavier@academico.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos*. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. *NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação*. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT. *NBR 13528: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração*. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT. *NBR 13281-1: Argamassas inorgânicas – Requisitos e métodos de ensaios. Parte 1: Argamassas para revestimento de paredes e tetos*. Rio de Janeiro, 2023.

ANJOS, Ana Carolina dos P. dos. *Comparação ergonômica: aplicação de argamassa manual x aplicação de argamassa projetada*. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Obras) – Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). *Manual de revestimentos de argamassa*. São Paulo: ABCP, 2002.

BAÍA, Luciana L. M.; SABBATINI, Fernando H. *Projeto e execução de revestimento de argamassa*. 4.ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2008.

BAUER, Elton (coord.). *Revestimento de argamassa: características e peculiaridades*. Brasília: Sinduscon/DF, 2005.

CARASEK, Helena. Argamassas. In: ISAIA, Geraldo C. (ed.). *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. São Paulo: IBRACON, 2010. v. 2, p. 885-936.

DELVINO, André Francis. *Estudo da viabilidade técnica e econômica da inserção de argamassas projetadas mecanicamente*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

JCD (José Contento Duarte). *Máquina de projectar PFT G4*. 2023. Disponível em: <https://www.jcd.com.pt/portfolio/pft-g4/> Acesso em: 10 fev. 2023.

PEREIRA, Renée. Falta de mão de obra qualificada no Brasil se agrava. *Exame*, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://exame.com/economia/falta-de-mao-de-obra-qualificada-no-brasil-se-agrava/>. Acesso em: 10 fev. 2023.

PERETTO, Alessandra K. *Argamassa projetada: avaliação das propriedades no estado fresco e endurecido*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

Generalizando os teoremas de Liouville e Dirichlet para uma breve compreensão da classificação de Mahler dos números transcendententes

4

Hugo Leonardo da Silva Belisário
Fernando Sacramento Reis Júnior

Resumo

A respeito das aproximações racionais, estudamos o Teorema da Aproximação de Dirichlet, que serve como um critério de irracionalidade, e o Teorema de Liouville, que é uma propriedade satisfeita apenas por números algébricos. Neste trabalho, vamos além das aproximações racionais e exploramos as aproximações algébricas, em que será possível apresentar uma generalização desses resultados a fim de compreender brevemente a classificação dos números transcendententes dada por Mahler, em 1932. Na primeira seção são fornecidos conceitos e definições, que serão vistos ao longo do trabalho, e os teoremas de Dirichlet e Liouville. O segundo tópico trata das aproximações por polinômios de grau 1, expondo uma nova compreensão sobre os números irracionais e estabelecendo um novo critério de irracionalidade equivalente ao usual. A terceira seção será uma breve explana-

ção a respeito do Teorema Fundamental das Funções Simétricas, que será utilizado na demonstração do Teorema Geral de Liouville. Por fim, serão enunciadas e demonstradas as generalizações dos teoremas de Liouville e Dirichlet, no âmbito das aproximações algébricas, e veremos como esses resultados nos levam a uma compreensão bem interessante a respeito dos números transcendententes (a classificação de Mahler). É importante destacar que este trabalho é a continuação dos estudos iniciados no segundo semestre de 2019 com o projeto de Iniciação Científica intitulado "Aproximações Diofantinas, Aproximações Racionais e Algébricas e Números de Liouville", que foi continuado a partir de agosto de 2020 com o trabalho de nome "Elementos Fundamentais de Análise Real e Álgebra Abstrata na Construção dos números de Liouville".

Palavras-chave: Números Algébricos, Números Transcendententes, Teorema de Liouville, Teorema de Dirichlet, Classificação de Mahler.

1 INTRODUÇÃO

A respeito das aproximações racionais, estudamos neste trabalho o Teorema da Aproximação de Dirichlet, que serve como um critério de irracionalidade, e o Teorema de Liouville, que é uma propriedade satisfeita apenas por números algébricos. Contudo, vamos além das aproximações racionais e exploramos as aproximações algébricas, de modo que será possível apresentar uma generalização

desses resultados a fim de compreender brevemente a classificação dos números transcendentos dada por Mahler em 1932.

1.1 CONCEITOS BÁSICOS

Definição 1.1 Seja α um número complexo. Dizemos que α é um número algébrico se existe um polinômio $P(z) \in \mathbb{Z}[z]^1$ não nulo, tal que α seja raiz de $P(z)$, ou seja, $P(\alpha) = 0$. Um número que não é algébrico, isto é, que não é raiz de nenhum polinômio com coeficientes inteiros, é dito transcendente.

Exemplo 1.1 Todo número racional da forma $\frac{p}{q}$ é algébrico, pois é raiz do polinômio de primeiro grau $P(z) = qz - p$.

Exemplo 1.2 Os números i , $\sqrt[3]{-5}$, $\sqrt{7} + \sqrt{11}$ e $\cos\left(\frac{2\pi}{2023}\right) + i \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{2023}\right)$ são algébricos, pois estes são, respectivamente, raízes dos polinômios $z^2 + 1$, $z^3 + 5$, $z^4 - 36z^2 + 16$ e $z^{2023} - 1$.

Exemplo 1.3 Os números π , e , $\sqrt{3}^{\sqrt{2}}$, i^i , e^i são exemplos de números transcendentos².

Observe que $\sqrt[3]{-5}$ é raiz de $z^3 + 5$, só que este também é raiz dos polinômios $z^4 + z^3 + 5z + 1$, $z^5 - 3z^4 + z^3 + 5z^2 - 15z + 5$ e $z^6 - 25$. Mas note que $z^3 + 5$ é o "menor" polinômio do qual $\sqrt[3]{-5}$ é raiz, isto é, $z^3 + 5$ é o polinômio primitivo³, com coeficientes inteiros e de menor grau, que $\sqrt[3]{-5}$ é raiz, chamaremos este polinômio de polinômio minimal.

Definição 1.2 Seja $\alpha \in \mathbb{C}$ um número algébrico. O polinômio minimal de α , denotado por P_α , é o polinômio primitivo com coeficientes inteiros (e coeficiente líder >0) de menor grau que tem α como raiz. O grau de α é definido como sendo o grau do seu polinômio minimal, isto é, $\partial(\alpha) = \partial(P_\alpha)$.

Em relação ao Exemplo 1.2 temos:

- $P_i = z^2 + 1$ e $\partial(i) = 2$;
- $P_{\sqrt{7}+\sqrt{11}} = z^4 - 36z^2 + 16$ e $\partial(\sqrt{7} + \sqrt{11}) = 4$;
- o polinômio minimal de $\cos\left(\frac{2\pi}{2023}\right) + i \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{2023}\right)$ é $z^{2023} - 1$ e seu grau é 2023.

¹Essa notação significa que $P(z)$ é um polinômio de variável complexa e com coeficientes inteiros, isto é, $P(z) = a_n z^n + \dots + a_1 z + a_0$ e $a_0, a_1, \dots, a_n \in \mathbb{Z}$. Além disso, o coeficiente a_n que acompanha o termo de maior grau (z^n) é chamado de Coeficiente Líder do polinômio.

² $\sqrt{3}^{\sqrt{2}}$ e i^i são transcendentos por consequência do Teorema de Gelfond-Schneider, que diz que α^β é transcendente quando α é algébrico não nulo diferente de 1 e β é um algébrico irracional. Enquanto e^i é transcendente devido o Teorema de Hermite-Lindemann, que afirma que e^α é transcendente quando α é algébrico não nulo.

³Um polinômio é primitivo quando seus coeficientes são primos entre si.

Definição 1.3 Seja $P(z) = a_n z^n + a_{n-1} z^{n-1} + \dots + a_1 z + a_0$ um polinômio com coeficientes inteiros. A altura do polinômio P , denotada por $\mathcal{H}(P)$, é definida como sendo o maior dos coeficientes em valor absoluto, isto é,

$$\mathcal{H}(P) = \max\{|a_n|, \dots, |a_1|, |a_0|\}.$$

De modo análogo, definimos a altura de um número algébrico α como sendo a altura do seu polinômio minimal, isto é, $\mathcal{H}(\alpha) = \mathcal{H}(P_\alpha)$.

Ainda em relação ao Exemplo 1.2: $\mathcal{H}(\sqrt[3]{-5}) = 5$; $\mathcal{H}\left(\cos\left(\frac{2\pi}{2023}\right) + i \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi}{2023}\right)\right) = 1$; $\mathcal{H}(\sqrt{7} + \sqrt{11}) = 36$.

1.2 O TEOREMA DA APROXIMAÇÃO DE DIRICHLET E O TEOREMA LIOUVILLE⁴

Um dos primeiros resultados que se estuda nas Aproximações Diofantinas é: dado um número real α e um inteiro $n > 1$, então existe um número racional p/q , com $1 \leq q \leq n$, tal que $\left|\alpha - \frac{p}{q}\right| < \frac{1}{qn}$, isto é, dado um número real α e um inteiro $n > 1$, podemos sempre obter um número racional, com o denominador limitado por n , tão próximo de α quanto quisermos. Com sucessivas aplicações desse resultado é possível demonstrar o Teorema de Dirichlet:

Teorema da Aproximação de Dirichlet | Se α é um irracional, então existem infinitos racionais p/q , com $\operatorname{mdc}(p, q) = 1$, tais que

$$\left|\alpha - \frac{p}{q}\right| < \frac{1}{q^2}.$$

Outro resultado que também vemos sobre aproximações diofantinas, e é demonstrado utilizando o Teorema do Valor Médio, é o Teorema de Liouville:

Teorema de Liouville | Se α é um número algébrico de grau n , então existe uma constante $A = A(\alpha)$ tal que, para todo $\frac{p}{q} \in \mathbb{Q}$, vale

$$\left|\alpha - \frac{p}{q}\right| \geq \frac{A(\alpha)}{q^n}.$$

⁴ Neste trabalho ainda aparecerá mais dois resultados com que leva o nome de Dirichlet e mais um levando o nome de Liouville. Esses resultados enunciados aqui serão chamados, respectivamente, de Teorema da Aproximação de Dirichlet (nome usual) e Teorema de Liouville.

Esses resultados descrevem, respectivamente, o comportamento dos números irracionais (Dirichlet) e algébricos (Liouville) quando se executam aproximações por números racionais nesses números. Entretanto, ao trabalhar com aproximações racionais, podemos dizer também que estamos trabalhando com aproximações por polinômios de grau 1, isto é, $P(z) = qz - p$. Observe que ao multiplicar por q , a desigualdade do teorema de Dirichlet pode ser reescrita como

$$|\alpha q - p| = |P(\alpha)| < \frac{1}{q}.$$

Isso nos mostra que, dado α irracional, existem polinômios $P(z) = qz - p$ que quando aplicados em α a sua margem de erro é menor que $1/q$, nos fornecendo, em certo sentido, uma boa aproximação por polinômio de grau 1 para α . Analogamente, podemos reescrever a desigualdade do teorema de Liouville da seguinte maneira:

$$|\alpha q - p| = |P(\alpha)| \geq \frac{A(\alpha)}{q^{n-1}}.$$

Dado um número complexo arbitrário ξ , estamos interessados em saber o quão próximo de zero pode ser $|P(\xi)|$ quando $P(z) \in \mathbb{Z}[z]$ e $P(\xi) \neq 0$. Perceba que aqui já não estamos mais trabalhando com aproximações racionais, uma vez que polinômios podem ser de grau ≥ 1 , logo os teoremas acima já não são suficientes para estimar uma aproximação para $|P(\xi)|$ quando $\partial(P) > 1$. Precisamos generalizar esses resultados de modo que possamos obter essa aproximação onde $P(z)$ é um polinômio de grau qualquer, mas como obter essa generalização? Isso será visto mais a frente, e essa aproximação de $|P(\xi)|$ é feita por meio do grau e da altura de P , veremos também como a generalização desses resultados é fundamental para se chegar à classificação de Mahler.

2 UM NOVO CRITÉRIO DE IRRACIONALIDADE

Ainda sobre aproximações racionais, veremos agora um novo critério de irracionalidade equivalente ao usual, porém um pouco mais refinado. Dessa vez estaremos trabalhando com aproximações por polinômios da forma $P(z) = qz - p$ (de grau 1).

O teorema a seguir é uma extensão do Teorema da Aproximação de Dirichlet para polinômios de grau 1, e ele nos fornece uma cota superior para $|P(\xi)|$, quando ξ for irracional e $P(z)$ um polinômio de grau 1 e altura limitada por H .

Teorema 2.1 (Dirichlet⁵) | Seja $\xi \in \mathbb{R}$ um número irracional. Então existe uma constante positiva $C = C(\xi)$ tal que para todo inteiro $H > 0$, existem p e q inteiros, com $0 < \max\{|p|, |q|\} \leq H$, satisfazendo a desigualdade

$$|\xi q - p| < \frac{C}{H}.$$

Se $C < H$, então $q \neq 0$.

Esse teorema acima pode ser enunciado também da seguinte maneira:

Teorema 2.1 (Dirichlet) | Seja $\xi \in \mathbb{R}$ um número irracional. Então existe uma constante positiva $C = C(\xi)$ tal que para todo inteiro $H > 0$, existe um polinômio de grau 1, $P(z) = qz - p$, com⁶ $0 < \mathcal{H}(P) \leq H$, satisfazendo a desigualdade

$$|P(\xi)| < \frac{C}{H}.$$

Se $C < H$, então $q \neq 0$.

Demonstração. Vamos demonstrar primeiro que $C < H \Rightarrow q \neq 0$. Se $C < H$, então $\frac{C}{H} < 1$, logo $|\xi q - p| < 1$. Se fosse $q = 0$, teríamos $|p| < 1$ o que implica em $p = 0$ uma vez que p é inteiro, daí $\mathcal{H}(P) = 0$, uma contradição. Portanto deve-se ter $q \neq 0$ quando $C < H$.

Para demonstrar esse resultado, iremos recorrer ao Princípio das Gavetas de Dirichlet.⁷ Primeiramente, para um inteiro $H > 0$, considere o seguinte conjunto de polinômios de primeiro grau $\mathcal{Q}_H = \{P(z) = a_1 z - a_0 \in \mathbb{Z}[z]: 0 \leq a_0, a_1 \leq H\}$ com altura menor ou igual do que H .

Pelo princípio fundamental da contagem, é fácil ver que⁸ $\#\mathcal{Q}_H = (H + 1)^2$, uma vez que a quantidade de escolha que temos para cada um dos coeficientes a_0 e a_1 é de $H + 1$ possibilidades, logo a quantidade de polinômios distintos de em \mathcal{Q}_H é $(H + 1)^2$.

Dado $\xi \in \mathbb{R}$ irracional, seja $\mathcal{Q} = \{|P(\xi)| = |a_1 \xi - a_0|: P(z) \in \mathcal{Q}_H\}$ o conjunto de todos os valores possíveis quando se aplicam os polinômios de \mathcal{Q}_H em ξ . Como não pode haver mais valores em \mathcal{Q} do que polinômios em \mathcal{Q}_H , é intuitivo pensar que a quantidade de elementos em \mathcal{Q} é menor ou igual que a quantidade de elementos em \mathcal{Q}_H , mas suponha que essa desigualdade seja estrita, ou

⁵ Esse resultado será referido aqui como o Teorema Estendido de Dirichlet, para evitar confusão, embora esse não seja o nome usual.

⁶ Por definição, se $P(z) = qz - p$, então $\mathcal{H}(P) = \max\{|p|, |q|\}$.

⁷ Também conhecido como Princípio da Casa dos Pombos. De modo simplificado, este resultado diz que se n objeto forem distribuídos em, no máximo, $n - 1$ gavetas, então pelo menos uma das gavetas deve conter pelo menos dois objetos.

⁸ A notação $\#\mathcal{Q}_H$ denota a quantidade de elementos do conjunto \mathcal{Q}_H . De modo geral, se A é um conjunto finito qualquer, então $\#A$ denota a quantidade de elementos de A .

seja, $\#Q < \#Q_H$. Se isso ocorresse, existiriam dois polinômios distintos em Q_H , $P_1^*(z) = q_1^*z - p_1^*$ e $P_2^*(z) = q_2^*z - p_2^*$, com⁹ $q_1^* \neq q_2^*$, tal que $P_1^*(\xi) = P_2^*(\xi)$. Daí,

$$q_1^*\xi - p_1^* = q_2^*\xi - p_2^* \Rightarrow (q_1^* - q_2^*)\xi = (p_1^* - p_2^*) \Rightarrow \xi = \frac{p_1^* - p_2^*}{q_1^* - q_2^*}.$$

Mas observe que $p_1^* - p_2^*$ e $q_1^* - q_2^*$ são inteiros, logo $\frac{p_1^* - p_2^*}{q_1^* - q_2^*}$ é um número racional, o que é um absurdo, uma vez que ξ não pode ser escrito como quociente de dois números inteiros. Portanto, temos que $\#Q = \#Q_H = (H + 1)^2$.

Para todo $P(z) \in Q_H$, pela desigualdade triangular,¹⁰ obtemos

$$|P(\xi)| = |a_1\xi - a_0| \leq |a_1\xi| + |a_0| = a_1|\xi| + a_0 \leq H(|\xi| + 1).$$

Como $|P(\xi)| \leq H(|\xi| + 1)$, temos que os pontos Q estão distribuídos no intervalo $[-H(|\xi| + 1), H(|\xi| + 1)]$. A representação a seguir dá uma noção geométrica dessa situação:



Para que possamos aplicar o Princípio das Gavetas de Dirichlet, precisamos dividir esse intervalo em subintervalos menores, de modo que a quantidade de subintervalos não exceda o número de elementos de Q . Veja que intervalo $[-H(|\xi| + 1), H(|\xi| + 1)]$ possui tamanho $2H(|\xi| + 1)$ e queremos dividi-lo em k subintervalos de tamanho $\frac{2H(|\xi|+1)}{k}$, então uma escolha bem conveniente para k é $(H + 1)^2 - 1$, pois assim teremos $(H + 1)^2$ "objetos" distribuídos em $(H + 1)^2 - 1$ "gavetas". Tendo feito essa escolha pra k , o Princípio das Gavetas de Dirichlet garante que existem $|P_i(\xi)| = |q_i\xi - p_i|$ e $|P_j(\xi)| = |q_j\xi - p_j|$ em Q , de modo que esses dois valores pertencem ao mesmo subintervalo. Daí,¹¹

$$|P_i(\xi) - P_j(\xi)| = |(q_i\xi - p_i) - (q_j\xi - p_j)| \leq \frac{2H(|\xi| + 1)}{(H + 1)^2 - 1}.$$

Tomando $P(z) = P_i(z) - P_j(z)$, então $P(z) = qz - p$, onde $q = q_i - q_j$ e $p = p_i - p_j$, além disso, $0 < \mathcal{H}(P) \leq H$, uma vez que $0 \leq p_{i,j}, q_{i,j} \leq H$, o que implica em $|q_i - q_j| \leq H$ e $|p_i - p_j| \leq H$. Temos então a desigualdade

$$|P(\xi)| = |q\xi - p| \leq \frac{2H(|\xi| + 1)}{(H + 1)^2 - 1}. \quad \text{Equação 1}$$

⁹ Pois se $q_1^* = q_2^*$, então $p_1^* = p_2^*$ e esses polinômios seriam iguais.

¹⁰ A desigualdade triangular diz que: para todo $x, y \in \mathbb{R} \Rightarrow |x + y| \leq |x| + |y|$.

¹¹ Como $P_i(\xi)$ e $P_j(\xi)$ pertencem ao mesmo subintervalo, então a distância entre eles é menor que o comprimento desse subintervalo: $\frac{2H(|\xi|+1)}{(H+1)^2-1}$.

Afirmamos que $\frac{2H(|\xi|+1)}{(H+1)^2-1} < \frac{2(|\xi|+1)}{H}$. De fato, para $H > 0$, é fácil ver que

$$\begin{aligned} (H+1)^2 - 1 = H^2 + 2H > H^2 &\Rightarrow \frac{1}{(H+1)^2 - 1} < \frac{1}{H^2} \\ \Rightarrow \frac{H}{(H+1)^2 - 1} < \frac{1}{H} &\Rightarrow \frac{2H(|\xi|+1)}{(H+1)^2 - 1} < \frac{2(|\xi|+1)}{H}. \end{aligned}$$

E por fim, voltando para a desigualdade dada pela Equação 1, tomamos $C(\xi) := 2(|\xi| + 1)$,

$$|P(\xi)| = |q\xi - p| < \frac{\overset{C(\xi)}{2(|\xi| + 1)}}{H} = \frac{C}{H},$$

o que conclui a demonstração. ■

Veremos agora o quão próximo de zero $|P(\xi)|$ pode se tornar quando variarmos $P(z)$ sobre todos polinômios de grau 1 de coeficientes inteiros com altura menor ou igual que H . Para isso, definimos

$$\mathcal{P}_H = \{P(z) = a_1z - a_0 \in \mathbb{Z}; \mathcal{H}(P) \leq H\}$$

e

$$\Omega(\xi, H) = \min\{|P(\xi)|; P(z) \in \mathcal{P}_H \text{ e } P(\xi) \neq 0\}.$$

Para comparar bem $\Omega(\xi, H)$ com o H no Teorema 2.1, definimos o expoente $\omega(\xi, H)$ satisfazendo a equação

$$\Omega(\xi, H) = H^{-\omega(\xi, H)}.$$

Assim, determinar qual é o menor valor de $\Omega(\xi, H)$ para infinitos H é equivalente a encontrar o maior valor possível para $\omega(\xi, H)$ quando variamos os valores de H . Se ξ é irracional, podemos usar o Teorema Estendido de Dirichlet e garantir que, para todo H fixado, existe uma constante positiva $C = C(\xi)$ e um polinômio de grau 1, $P(z) \in \mathcal{P}_H$, tais que

$$\Omega(\xi, H) \leq |P(\xi)| < \frac{C}{H} \Rightarrow H^{-\omega(\xi, H)} < \frac{C}{H}.$$

Aplicando a função logaritmo natural ($\ln(x)$) na última desigualdade acima, obtemos

$$\begin{aligned} -\omega(\xi, H) \cdot \ln(H) &< \ln\left(\frac{C}{H}\right) = \ln(C) - \ln(H) \\ \Rightarrow \omega(\xi, H) &> 1 - \frac{\ln(C)}{\ln(H)}. \end{aligned}$$

Equação 2

Analisaremos agora o crescimento de $\omega(\xi, H)$ para infinitos valores de H . Não sabemos se o $\lim_{H \rightarrow \infty} \omega(\xi, H)$ existe, mas como estamos interessados no maior ponto de acumulação¹² de $\omega(\xi, H)$

¹² Um ponto de acumulação de alguma sequência é o limite de alguma de suas subsequências.

quando $H \rightarrow \infty$, basta verificarmos o $\limsup_{H \rightarrow \infty} \omega(\xi, H)$ (limite superior), que sempre existe. Assim, definimos

$$\omega(\xi) := \limsup_{H \rightarrow \infty} \omega(\xi, H).$$

Aplicando $\limsup_{H \rightarrow \infty}$ na desigualdade dada pela Equação 2, temos

$$\omega(\xi) := \limsup_{H \rightarrow \infty} \omega(\xi, H) > \underbrace{\limsup_{H \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{\ln(C)}{\ln(H)}\right)}_{\rightarrow 1} = 1.$$

Concluimos que se ξ é irracional, então o maior ponto de acumulação de $\omega(\xi, H)$ tem que ser diferente de zero (mais precisamente, deve ser maior que 1).

Agora vamos estimar $\omega(\xi)$ quando ξ for um racional $\frac{a}{b}$. Seja $P(z) = qz - p \in \mathcal{P}_H$, com $P\left(\frac{a}{b}\right) \neq 0$, o polinômio que satisfaz

$$\left|P\left(\frac{a}{b}\right)\right| = \Omega\left(\frac{a}{b}, H\right) = H^{-\omega\left(\frac{a}{b}, H\right)}.$$

Como $P\left(\frac{a}{b}\right) \neq 0$, então $\frac{a}{b} \neq \frac{p}{q}$, logo

$$\left|\frac{a}{b} - \frac{p}{q}\right| \geq \frac{1}{|b||q|} \Rightarrow H^{-\omega(\xi, H)} = \frac{|P(\frac{a}{b})|}{\left|q\frac{a}{b} - p\right|} \geq \frac{1}{|b|},$$

o que implica (aplicando o logaritmo e desenvolvendo as contas)

$$\omega\left(\frac{a}{b}, H\right) \leq -\frac{1}{|b| \cdot \ln(H)} \Rightarrow \limsup_{H \rightarrow \infty} \omega\left(\frac{a}{b}, H\right) = \omega\left(\frac{a}{b}\right) \leq 0.$$

Por outro lado, quando $H \geq |\xi| + 1$, então $H^{-\omega(\xi, H)} \leq (|\xi| + 1)^{-\omega(\xi, H)} \leq 1 \Rightarrow \Omega(\xi, H) \leq 1$ (tanto para ξ racional quanto irracional). Daí,¹³

$$\omega\left(\frac{a}{b}, H\right) = -\frac{\ln\left(\Omega\left(\frac{a}{b}, H\right)\right)}{\ln(H)} \geq 0 \Rightarrow \limsup_{H \rightarrow \infty} \omega\left(\frac{a}{b}, H\right) = \omega\left(\frac{a}{b}\right) \geq 0,$$

concluimos então que quando ξ for um número racional $\frac{a}{b}$ teremos¹⁴ $\omega(a/b) = 0$. Com isso acabamos de estabelecer um novo critério para irracionalidade, que é o seguinte:

Teorema 2.2 | Dado um número real ξ e um inteiro positivo H . Sejam

$$\mathcal{P}_H = \{P(z) = a_1 z - a_0 \in \mathbb{Z}; \mathcal{H}(P) \leq H\}$$

e

$$\Omega(\xi, H) = \min\{|P(\xi)|; P(z) \in \mathcal{P}_H \text{ e } P(\xi) \neq 0\}.$$

¹³ Para obter essa expressão para $\omega\left(\frac{a}{b}, H\right)$, basta isolá-lo em $\Omega\left(\frac{a}{b}, H\right) = H^{-\omega\left(\frac{a}{b}, H\right)}$.

¹⁴ Se $\omega\left(\frac{a}{b}\right) \geq 0$ e $\omega\left(\frac{a}{b}\right) \leq 0$, então $\omega\left(\frac{a}{b}\right) = 0$.

Defina $\omega(\xi, H)$ satisfazendo $\Omega(\xi, H) = H^{-\omega(\xi, H)}$ e $\omega(\xi) := \limsup_{H \rightarrow \infty} \omega(\xi, H)$. Então ξ é irracional se, e somente se, $\omega(\xi) \neq 0$.

Podemos tirar duas conclusões do teorema acima:

- i) Para ξ irracional, os valores $\omega(\xi, H)$ se acumulam em algum ponto maior que 1, então a sequência $\Omega(\xi, H)$ possui uma subsequência que converge pra zero quando $H \rightarrow \infty$. O que nos leva a concluir que números irracionais possuem uma “boa” aproximação por polinômios de grau 1 (números racionais);
- ii) Quando ξ é um número racional, o ponto de acumulação de $\omega(\xi, H)$ é zero, logo a sequência $(H^{-\omega(\xi, H)})_{H \geq 1}$ possui uma subsequência que converge pra 1 quando $H \rightarrow \infty$, o que não nos fornece uma boa aproximação para ξ nesse caso.

3 TEOREMA FUNDAMENTAL DAS FUNÇÕES SIMÉTRICAS

Nesta seção será apresentado o Teorema das Funções Simétricas que será de fundamental importância para demonstrar o Teorema Geral de Liouville. Este resultado, por ser bem técnico, não será demonstrado aqui, apenas serão fornecidos os conceitos necessários para entendermos como ele será aplicado mais à frente. Primeiramente veremos o que é uma permutação do conjunto $I_n = \{1, 2, \dots, n\}$.

Definição 3.1 Dizemos que uma função $\alpha: I_n \rightarrow I_n$ é uma permutação de I_n quando α for uma bijeção.¹⁵ A permutação α é denotada da seguinte maneira:

$$\alpha = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & n \\ \alpha(1) & \alpha(2) & \dots & \alpha(n) \end{pmatrix}.$$

Exemplo 3.1. Para $I_3 = \{1, 2, 3\}$ temos as seguintes permutações: $\alpha_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 \end{pmatrix}$, $\alpha_2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 1 \end{pmatrix}$, $\alpha_3 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 3 & 1 & 2 \end{pmatrix}$, $\alpha_4 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1 & 3 & 2 \end{pmatrix}$, $\alpha_5 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}$ e $\alpha_6 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$. O conjunto $S_3 = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6\}$ é o conjunto de todas as permutações de I_3 . De modo geral, dizemos que S_n é o conjunto de todas as permutações de I_n ¹⁶.

¹⁵ Isto é, quando α for uma função injetiva e sobrejetiva.

¹⁶ A título de curiosidade, é fácil ver que a quantidade de elementos em S_n é exatamente $n!$. Por exemplo, veja que a quantidade de elementos de S_3 é $6 = 3!$.

Definição 3.2 Um polinômio $P(x_1, \dots, x_n) \in \mathbb{Z}[x_1, \dots, x_n]$ ¹⁷ é dito simétrico em x_1, \dots, x_n se, para toda permutação $\alpha \in S_n$,

$$P(x_{\alpha(1)}, \dots, x_{\alpha(n)}) = P(x_1, \dots, x_n).$$

Em outras palavras, dizemos que um polinômio é simétrico se ele for invariante pelas permutações de suas variáveis.

Exemplo 3.2. O polinômio $P(x_1, x_2, x_3) = (x_1 + 1)(x_2 + 1)(x_3 + 1)$ é simétrico, pois dada qualquer permutação $\alpha \in S_n$, $P(x_{\alpha(1)}, x_{\alpha(2)}, x_{\alpha(3)}) = (x_1 + 1)(x_2 + 1)(x_3 + 1)$, ou seja,

$$P(x_1, x_2, x_3) = P(x_2, x_3, x_1) = P(x_3, x_1, x_2) = \dots = (x_1 + 1)(x_2 + 1)(x_3 + 1).$$

Veremos agora outro exemplo de função simétrica. Seja $P(x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathbb{Z}[x_1, \dots, x_n]$, chamaremos $\sigma_k(x_1, \dots, x_n)$ de *k-ésima função simétrica elementar* e é definida como sendo a soma de todas combinações de produtos possíveis de x_1, x_2, \dots, x_n , tomados de k em k fatores

$$\sigma_k(x_1, \dots, x_n) := \sum_{1 \leq i_1 < \dots < i_k \leq n} x_{i_1} \cdot \dots \cdot x_{i_k}.$$

Para $P(x_1, x_2, x_3, x_4)$:

- i) $\sigma_1(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1 + x_2 + x_3 + x_4$;
- ii) $\sigma_2(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1x_2 + x_1x_3 + x_1x_4 + x_2x_3 + x_2x_4 + x_3x_4$;
- iii) $\sigma_3(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1x_2x_3 + x_1x_2x_4 + x_1x_3x_4 + x_2x_3x_4$;
- iv) $\sigma_4(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1x_2x_3x_4$.

Considerando o polinômio do Exemplo 3.2, $P(x_1, x_2, x_3) = (x_1 + 1)(x_2 + 1)(x_3 + 1)$, desenvolvendo esse produto, é possível obter a seguinte expressão para P :

$$\begin{aligned} P(x_1, x_2, x_3) &= (x_1 + 1)(x_2 + 1)(x_3 + 1) = (x_1x_2 + x_1 + x_2 + 1)(x_3 + 1) \\ &\Rightarrow P(x_1, x_2, x_3) = (x_1x_2x_3) + (x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3) + (x_1 + x_2 + x_3) + 1 \\ &\Rightarrow P(x_1, x_2, x_3) = \sigma_3(x_1, x_2, x_3) + \sigma_2(x_1, x_2, x_3) + \sigma_1(x_1, x_2, x_3) + 1 \\ &\Rightarrow P(x_1, x_2, x_3) = \gamma(\sigma_1(x_1, x_2, x_3), \sigma_2(x_1, x_2, x_3), \sigma_3(x_1, x_2, x_3)); \end{aligned}$$

onde $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ são funções simétricas elementares. Perceba que, por $P(x_1, x_2, x_3)$ ser um polinômio simétrico, foi possível encontrar uma função γ que depende das funções simétricas elementares de x_1, x_2, x_3 , tal que $P(x_1, x_2, x_3) = \gamma(\sigma_1(x_1, x_2, x_3), \sigma_2(x_1, x_2, x_3), \sigma_3(x_1, x_2, x_3))$. O Teorema Fundamental das Funções Simétricas trata-se exatamente sobre isso e está enunciada a seguir.

¹⁷ Ou seja, P é um polinômio de n variáveis definido sobre o anel dos inteiros. Um anel é uma estrutura matemática formada por um conjunto não-vazio A e as operações $+$, de soma, e \cdot , de multiplicação, onde essas operações satisfazem certas propriedades em A .

Teorema Fundamental das Funções Simétricas | Seja $P(x_1, \dots, x_n) \in \mathbb{Z}[x_1, \dots, x_n]$ uma função simétrica. Então existe um polinômio $\gamma(y_1, \dots, y_n)$ em $\mathbb{Z}[x_1, \dots, x_n]$ tal que

$$P(x_1, \dots, x_n) = \gamma(\sigma_1(x_1, \dots, x_n), \dots, \sigma_k(x_1, \dots, x_n)).$$

Demonstração. Veja Blum-Smith e Coskey .

4 A CLASSIFICAÇÃO DE MAHLER DOS NÚMEROS TRANSCENDENTES

4.1 GENERALIZANDO OS TEOREMAS DE LIOUVILLE E DE DIRICHLET

Primeiramente veremos o Teorema Geral de Liouville¹⁸, que estabelece uma aproximação para $|P(\alpha)|$ onde α é um algébrico de grau d , $P(z)$ é um polinômio de grau limitado e $P(\alpha) \neq 0$.

Teorema 4.1 (Liouville) | Sejam α um algébrico de grau d e $N > 0$ um inteiro. Então existe uma constante positiva $c = c(\alpha, N)$ tal que para todo polinômio $P(z) \in \mathbb{Z}[z]$, satisfazendo $\partial P \leq N$ e $P(\alpha) \neq 0$, vale

$$|P(\alpha)| \geq \frac{c}{\mathcal{H}(P)^{d-1}}.$$

Demonstração. Sendo α um algébrico de grau d , seja $f_\alpha(z) = a_d z^d + \dots + a_1 z + a_0$ o polinômio minimal de α sobre \mathbb{Z} , com $a_d > 0$. Denotando as raízes conjugadas de f_α por $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_d$, com $\alpha = \alpha_1$, temos

$$f(z) = a_d(z - \alpha_1)(z - \alpha_2) \dots (z - \alpha_d).$$

Agora, se $P(z) \in \mathbb{Z}[z]$ é tal que $P(z) = b_k z^k + \dots + b_1 z + b_0$, $P(\alpha) \neq 0$ e $k \leq N$, então podemos também fatorar $P(z)$ como

$$P(z) = b_k(z - \beta_1)(z - \beta_2) \dots (z - \beta_k),$$

onde β_1, \dots, β_k são raízes de $P(z)$.

Afirmamos que nenhuma raiz de f_α é raiz de P e vice-versa, isto é, para todo par de índice m e i , $\alpha_m \neq \beta_i$. Com efeito, suponha que exista algum par m e i tal que $\alpha_m = \beta_i$, logo $P(\alpha_m) = 0$. Mas como $f_\alpha(z)$ é polinômio minimal de α_m , então¹⁹ $P(z) = f_\alpha(z) \cdot q(z) \Rightarrow P(\alpha) = f_\alpha(\alpha) \cdot q(\alpha) = 0$, o

¹⁸Este resultado será referido aqui dessa maneira. Analogamente, a generalização do Teorema de Dirichlet será chamado de Teorema Geral de Dirichlet.

¹⁹Se $f_\alpha(z)$ é polinômio minimal de α_m , então $f_\alpha(z)$ é irredutível sobre \mathbb{Z} , logo qualquer outro polinômio $P(z)$ em \mathbb{Z} , que tem α_m como raiz, necessariamente deve ser divisível por $f_\alpha(z)$, isto é, deve existir $q(z) \in \mathbb{Z}[z]$ tal que $P(z) = f_\alpha(z) \cdot q(z)$.

que contradiz a nossa escolha para $P(z)$. Feita essa observação, concluímos que $|\alpha_m - \beta_i| > 0$ para todo par de índices m e i .

Observe que para todo $m = 1, 2, \dots, d$,

$$|P(\alpha_m)| = |b_k| |\alpha_m - \beta_1| |\alpha_m - \beta_2| \dots |\alpha_m - \beta_k| \Rightarrow \prod_{i=1}^k |\alpha_m - \beta_i| = \frac{1}{|b_k|} |P(\alpha_m)|,$$

enquanto para $i = 1, 2, \dots, k$

$$|f_\alpha(\beta_i)| = a_d |\beta_i - \alpha_1| |\beta_i - \alpha_2| \dots |\beta_i - \alpha_d| \Rightarrow \prod_{m=1}^d |\beta_i - \alpha_m| = \frac{1}{a_k} |f_\alpha(\beta_i)|.$$

Com isso, podemos então calcular o duplo produto

$$\prod_{m=1}^d \prod_{i=1}^k |\alpha_m - \beta_i|.$$

Por um lado, temos a igualdade

$$\prod_{m=1}^d \left(\prod_{i=1}^k |\alpha_m - \beta_i| \right) = \prod_{m=1}^d \frac{1}{|b_k|} |P(\alpha_m)| = \frac{1}{|b_k|^d} \prod_{m=1}^d |P(\alpha_m)|.$$

Por outro lado,

$$\prod_{i=1}^k \left(\prod_{m=1}^d |\alpha_m - \beta_i| \right) = \prod_{i=1}^k \frac{1}{a_k} |f_\alpha(\beta_i)| = \frac{1}{a_k^d} \prod_{i=1}^k |f_\alpha(\beta_i)|.$$

Juntando as igualdades,

$$\frac{1}{|b_k|^d} \prod_{m=1}^d |P(\alpha_m)| = \frac{1}{a_k^d} \prod_{i=1}^k |f_\alpha(\beta_i)|$$

podemos isolar $|P(\alpha_1)| = |P(\alpha)|$ no lado esquerdo da igualdade acima

$$\frac{|P(\alpha_1)|}{|b_k|^d} \prod_{m=2}^d |P(\alpha_m)| = \frac{1}{a_k^d} \prod_{i=1}^k |f_\alpha(\beta_i)| \Rightarrow |P(\alpha)| = \frac{|b_k|^d \prod_{i=1}^k |f_\alpha(\beta_i)|}{a_k^d \prod_{m=2}^d |P(\alpha_m)|}.$$

Afirmamos que $|b_k|^d \prod_{i=1}^k |f_\alpha(\beta_i)|$ é um inteiro positivo²⁰. Com efeito, considere o seguinte polinômio simétrico em k variáveis $F(x_1, \dots, x_k) = f_\alpha(x_1) \dots f_\alpha(x_k)$ com coeficientes inteiros. Pelo Teorema Fundamental das Funções Simétricas, existe um polinômio com coeficientes inteiros $G(y_1, \dots, y_k)$, tal que

$$F(x_1, \dots, x_k) = f_\alpha(x_1) \dots f_\alpha(x_k) = G(\sigma_1(x_1, \dots, x_k), \dots, \sigma_k(x_1, \dots, x_k)).$$

²⁰ Para demonstrar este fato, iremos recorrer ao Teorema Fundamental das Funções Simétricas, para uma melhor compreensão do que está acontecendo nessa parte da demonstração, no Apêndice (Tópico 5) será ilustrado essa situação para $F(x_1, x_2) = f_\alpha(x_1)f_\alpha(x_2)$, onde $f_\alpha(x) = a_2x^2 + a_1x + a_0$.

Pela definição de $F(x_1, \dots, x_k)$, temos

$$\begin{aligned} F(x_1, \dots, x_k) &= (a_d x_1^d + \dots + a_1 x_1 + a_0) \dots (a_d x_k^d + \dots + a_1 x_k + a_0) \\ &= a_d^k (x_1 \dots x_k)^d + \dots + a_0^k \\ &= a_d^k (\sigma_k(x_1, \dots, x_k))^d + \dots + a_0^k \\ &= G(\sigma_1(x_1, \dots, x_k), \dots, \sigma_k(x_1, \dots, x_k)). \end{aligned}$$

Assim, $\partial G \geq \partial f_\alpha = d$. Provaremos agora que o grau de G é igual a d , para isso, suponha que $\partial G > d$, então deve existir um monômio²¹ de $G(\sigma_1(x_1, \dots, x_k), \dots, \sigma_k(x_1, \dots, x_k))$, digamos

$$(\sigma_{i_1}(x_1, \dots, x_k))^{c_1} \dots (\sigma_{i_n}(x_1, \dots, x_k))^{c_n},$$

de grau maior do que d , isto é, $c_1 + \dots + c_n > d$. Observando as potências simétricas, temos

$$(\sigma_{i_t}(x_1, \dots, x_k))^{c_t} = (x_1 \dots x_{i_t} + A_t(x_1, \dots, x_k))^{c_t} = (x_1 \dots x_{i_t})^{c_t} + B_t(x_1, \dots, x_k),$$

para todo $t = 1, 2, \dots, n$, onde A_t e B_t são polinômios em k variáveis com coeficientes inteiros. Logo, o possível monômio é

$$\begin{aligned} \prod_{t=1}^n (\sigma_{i_t}(x_1, \dots, x_k))^{c_t} &= \prod_{t=1}^n (x_1 \dots x_{i_t} + A_t(x_1, \dots, x_k))^{c_t} \\ &\Rightarrow \prod_{t=1}^n (\sigma_{i_t}(x_1, \dots, x_k))^{c_t} = x_1^{c_1 + \dots + c_n} \cdot D(x_2, \dots, x_k) + E(x_1, \dots, x_k), \end{aligned}$$

com $D(x_2, \dots, x_k)$ e $E(x_1, \dots, x_k)$ polinômios não constantes e com coeficientes inteiros. Mas isso é um absurdo, pois a potência de x_1 é maior que d , o que não pode ocorrer uma vez que a maior potência de x_1 que aparece em $G(\sigma_1(x_1, \dots, x_k), \dots, \sigma_k(x_1, \dots, x_k))$ é exatamente d (o grau de f_α). Portanto $\partial G = d$. Como $P(z) = b_k(z - \beta_1)(z - \beta_2) \dots (z - \beta_k)$, pelas Relações de Girard²², temos as seguintes igualdades

$$\begin{aligned} \sigma_1 &:= \sigma_1(\beta_1, \dots, \beta_k) = \beta_1 + \dots + \beta_k = -\frac{b_{k-1}}{b_k}; \\ \sigma_2 &:= \sigma_2(\beta_1, \dots, \beta_k) = \beta_1\beta_2 + \dots + \beta_{k-1}\beta_k = \frac{b_{k-2}}{b_k}; \\ &\vdots \\ \sigma_k &:= \sigma_k(\beta_1, \dots, \beta_k) = \beta_1 \dots \beta_k = (-1)^k \frac{b_0}{b_k}. \end{aligned}$$

²¹ Um monômio é uma expressão algébrica que possui multiplicação entre constantes e incógnitas, o grau de um monômio é definido como sendo a soma dos expoentes das incógnitas. Por exemplo, o grau do monômio $5x^2yz^5$ é $8 = 2 + 1 + 5$.

²² As Relações de Girard são igualdades que relacionam as raízes de um polinômio com seus coeficientes. No apêndice no final deste trabalho terá uma breve explicação a respeito.

Assim, $F(\beta_1, \dots, \beta_k) = \prod_{i=1}^k f_\alpha(\beta_i) = G(\sigma_1, \dots, \sigma_k)$ é um número racional cujo denominador é igual a b_k^d , o que nos leva a concluir

$$b_k^d \cdot \prod_{i=1}^k f_\alpha(\beta_i) = b_k^d \cdot F(\beta_1, \dots, \beta_k) = b_k^d \cdot G(\sigma_1, \dots, \sigma_k) \in \mathbb{Z}.$$

Portanto $|b_k|^d \prod_{i=1}^k |f_\alpha(\beta_i)|$ é um inteiro positivo. Utilizando este fato, obtemos

$$|P(\alpha)| = \frac{|b_k|^d \prod_{i=1}^k |f_\alpha(\beta_i)|}{a_d^k \prod_{m=2}^d |P(\alpha_m)|} \geq \frac{1}{a_d^k \prod_{m=2}^d |P(\alpha_m)|}.$$

Agora veja que, para $i = 2, 3, \dots, d$,

$$\begin{aligned} |P(\alpha_i)| &= |b_k \alpha_i^k + \dots + b_1 \alpha_i + b_0| \leq |b_k| |\alpha_i|^k + \dots + |b_1| |\alpha_i| + |b_0| \\ &\Rightarrow |P(\alpha_i)| \leq \mathcal{H}(P) (|\alpha_i|^k + \dots + |\alpha_i| + 1). \end{aligned}$$

Denotando $A = \max\{|\alpha_2|, \dots, |\alpha_d|\}$, e como $k \leq N$, teremos

$$|P(\alpha_i)| \leq \mathcal{H}(P) (|\alpha_i|^k + \dots + |\alpha_i| + 1) \leq \mathcal{H}(P) \overbrace{(A^N + \dots + A + 1)}^{C_1(\alpha, N)}$$

para todo $i \in \{2, \dots, d\}$. Finalmente,

$$|P(\alpha)| \geq \frac{1}{a_d^k \prod_{m=2}^d |P(\alpha_m)|} \geq \frac{C}{\mathcal{H}(P)^{d-1}},$$

onde $C = \frac{1}{a_d^N C_1(\alpha, N)^{d-1}}$.

■

Veremos agora o Teorema Geral de Dirichlet, onde vamos estabelecer uma aproximação para $|P(\xi)|$ quando ξ for um número transcendente, ou quando ξ for um algébrico de grau maior que um certo inteiro positivo N . Este resultado é, na verdade, uma generalização do Teorema Estendido de Dirichlet, sua demonstração é bastante parecida com a demonstração do Teorema 2.1, mas em vez de trabalhar com polinômios de grau 1 estaremos trabalhando com polinômios de grau até N . Por conta dessa semelhança, a demonstração do teorema a seguir será um pouco mais direta.

Teorema 4.2 (Dirichlet) | Sejam $\xi \in \mathbb{C}$ e $N > 0$ um número inteiro, de modo que ξ ou é transcendente ou é um algébrico de grau maior do que N . Então existe uma constante $C = C(\xi, N) > 0$ tal que para todo inteiro positivo H , existe um polinômio não nulo $P(z) \in \mathbb{Z}[z]$, com $\partial(P) \leq N$ e $\mathcal{H}(P) \leq H$ satisfazendo

$$|P(\xi)| < \frac{C}{H^{\frac{1}{2}(N-1)}}.$$

Demonstração. Assim como foi feito na demonstração do Teorema 2.1, iremos recorrer novamente ao Princípio das Gavetas de Dirichlet, inicialmente analisaremos um conjunto finito de polinômios, em seguida o conjunto dos valores obtidos quando se aplicam esses polinômios em ξ e através disso conseguiremos obter uma cota superior para $|P(\xi)|$.

Para inteiros positivos N e H , seja $\mathcal{O}_{N,H}$ o conjunto de todos os polinômios com grau limitado por N e altura limitada por H , com coeficientes não negativos, isto é,

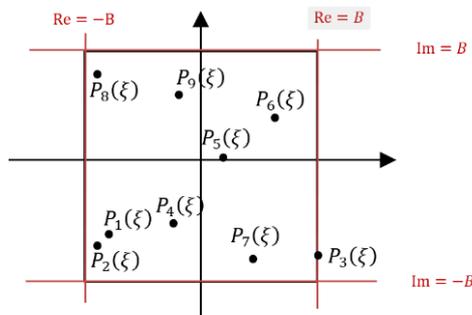
$$\mathcal{O}_{N,H} = \left\{ P(z) \in \mathbb{Z}[z]; P(z) = \sum_{n=0}^N a_n z^n \text{ e } 0 \leq a_n \leq H, n = 0, \dots, N \right\}.$$

Pelo princípio fundamental da contagem,²³ $\#\mathcal{O}_{N,H} = (H + 1)^{(N+1)}$. Também temos o conjunto dos valores $\mathcal{O} = \{|P(\xi)|; P(z) \in \mathcal{O}_{N,H}\}$. Afirmamos que $\#\mathcal{O}_{N,H} = \#\mathcal{O}$, com efeito, é claro que $\#\mathcal{O}_{N,H} \leq \#\mathcal{O}$. Suponha que $\#\mathcal{O}_{N,H} < \#\mathcal{O}$, então existiria dois polinômios distintos $P_1^*(z)$ e $P_2^*(z)$ em $\mathcal{O}_{N,H}$ tal que $P_1^*(\xi) = P_2^*(\xi)$. Mas isso implica na existência de um polinômio $P^*(z) := P_1^*(z) - P_2^*(z)$, com grau menor do N , tal que $P(\xi) = 0$. De acordo com as nossas hipóteses, se ξ for transcendente isso é um absurdo pela definição de número transcendente, e se ξ for um algébrico de grau maior que N também é um absurdo, pois ξ não pode ser raiz de um polinômio de grau menor que o seu. Concluimos então que $\#\mathcal{O}_{N,H} = \#\mathcal{O} = (H + 1)^{(N+1)}$.

Para todo $P(z) \in \mathcal{O}_{N,H}$, usando a desigualdade triangular, obtemos

$$|P(\xi)| = |a_n \xi^n + \dots + a_1 \xi + a_0| \leq a_n |\xi|^n + \dots + a_1 |\xi| + a_0 \leq H(|\xi|^n + \dots + |\xi| + 1) := B.$$

Como $P(\xi)$ é um número complexo, logo $P(\xi) = \text{Re } P(\xi) + i \cdot \text{Im } P(\xi)$. Assim, $|P(\xi)| \leq B$ o que implica em $\max\{|\text{Re } P(\xi)|, |\text{Im } P(\xi)|\} \leq B$, temos que $|P(\xi)| \in [-B, B]^2$ para todo $P(z)$ em $\mathcal{O}_{N,H}$. Em outras palavras, os valores $P(\xi)$ estão distribuídos no quadrado centrado na origem $[-B, B] \times [-B, B]$, a representação a seguir fornece uma noção geométrica dessa situação.



Para aplicar o Princípio das Gavetas, precisamos dividir o quadrado $[-B, B]^2$ em s^2 quadrados menores, que terão lado $\frac{2B}{s}$, de modo que quantidade de valores em \mathcal{O} exceda a quantidade de quadrados menores, ou seja, devemos ter

$$s^2 < (H + 1)^{(N+1)}.$$

²³ Pois são $H + 1$ possibilidades para cada a_n , como $P(z)$ possui $N + 1$ coeficientes, então $(H + 1)^{(N+1)}$.

Se tomarmos²⁴ $s = \left\lfloor (H+1)^{\frac{(N+1)}{2}} \right\rfloor - 1$, então

$$s^2 = \left(\left\lfloor (H+1)^{\frac{(N+1)}{2}} \right\rfloor - 1 \right)^2 < \left(\left\lfloor (H+1)^{\frac{(N+1)}{2}} \right\rfloor \right)^2 \leq (H+1)^{(N+1)},$$

$s^2 < (H+1)^{(N+1)}$, como queríamos. Além disso, como $N \geq 2$ e $H \geq 1$, então $s \geq \lfloor \sqrt{2^3} \rfloor - 1 \geq 1$ e a nossa escolha está bem definida. Tendo feito essa divisão do quadrado $[-B, B]^2$, pelo Princípio das Gavetas, devem existir dois polinômios $P_1(z)$ e $P_2(z)$ em $\mathcal{O}_{N,H}$ tais que $P_1(\xi)$ e $P_2(\xi)$ estão no mesmo quadrado de lado $\frac{2B}{s}$. Portanto,²⁵

$$|P_1(\xi) - P_2(\xi)| \leq \sqrt{2} \cdot \frac{2B}{s}.$$

Tomando $P(z) = P_1(z) - P_2(z)$, como $\max\{\partial(P_1), \partial(P_2)\} \leq N$, claramente $\partial(P) \leq N$. Além disso, escrevendo $P_1(z) = \sum_{n=0}^N a_n z^n$ e $P_2(z) = \sum_{n=0}^N b_n z^n$, então $P(z) = \sum_{n=0}^N c_n z^n$ onde $c_n = a_n - b_n$. Como $0 \leq a_n, b_n \leq H$, então $|c_n| \leq H$, para todo $n = 0, 1, \dots, N$ e, portanto, $\mathcal{H}(P) \leq H$. Além disso, substituindo os valores de B e s , temos a desigualdade

$$|P(\xi)| \leq 2\sqrt{2}(1 + |\xi| + \dots + |\xi|^N) \cdot \frac{H}{\left\lfloor (H+1)^{\frac{(N+1)}{2}} \right\rfloor - 1}.$$

Provaremos agora que $\left\lfloor (H+1)^{\frac{(N+1)}{2}} \right\rfloor - 1 \geq \left\lfloor H^{\frac{N+1}{2}} \right\rfloor$. Se N for ímpar, isto é, $N = 2K + 1$, então

$$s = \left\lfloor (H+1)^{\frac{(2K+2)}{2}} \right\rfloor - 1 = (H+1)^{K+1} - 1 \geq H^{K+1} + 1 - 1 = \left\lfloor H^{\frac{N+1}{2}} \right\rfloor.$$

Quando $N = 2K$, então

$$\begin{aligned} s &= \left\lfloor (H+1)^{\frac{(2K+1)}{2}} \right\rfloor - 1 = \left\lfloor (H+1)^K (H+1)^{\frac{1}{2}} \right\rfloor - 1 \\ \Rightarrow s &\geq \left\lfloor H^{\frac{2K+1}{2}} + H^{\frac{1}{2}} \right\rfloor - 1 \geq \left\lfloor H^{\frac{2K+1}{2}} + 1 \right\rfloor - 1 = \left\lfloor H^{\frac{N+1}{2}} \right\rfloor. \end{aligned}$$

Como queríamos provar, podemos então reescrever essa desigualdade como

$$|P(\xi)| \leq \sqrt{2}(1 + |\xi| + \dots + |\xi|^N) \cdot \frac{2H}{\left\lfloor H^{\frac{1}{2}(N+1)} \right\rfloor} < \sqrt{2}(1 + |\xi| + \dots + |\xi|^N) \cdot \frac{2H}{\left\lfloor H^{\frac{1}{2}(N-1)} \right\rfloor}.$$

Mas observe que $3 \left\lfloor H^{\frac{1}{2}(N-1)} \right\rfloor > 2H^{\frac{1}{2}(N-1)} \Rightarrow \frac{3}{H^{\frac{1}{2}(N-1)}} > \frac{2}{\left\lfloor H^{\frac{1}{2}(N-1)} \right\rfloor}$, então

²⁴ Dado um número real x notação $\lfloor x \rfloor$ indica a função piso ou função maior inteiro é igual ao maior inteiro menor ou igual que x . Em particular, quando $x > 0$, $\lfloor x \rfloor$ é a parte inteira de x . Exemplos: $\lfloor \sqrt{2} \rfloor = 1$, $\lfloor \pi \rfloor = 3$, $\lfloor \sqrt{19} \rfloor = 4$.

²⁵ Como $P_1(\xi)$ e $P_2(\xi)$ estão no mesmo quadrado, logo a distância entre eles tem que ser menor que a diagonal do quadrado ao qual eles pertencem.

$$|P(\xi)| < \frac{3\sqrt{2}(1 + |\xi| + \dots + |\xi|^N)}{H^{\frac{1}{2}(N-1)}} = \frac{C}{H^{\frac{1}{2}(N-1)}},$$

onde $C = C(\xi, N) := 3\sqrt{2}(1 + |\xi| + \dots + |\xi|^N)$.

■

4.2 UM CRITÉRIO DE TRANSCENDÊNCIA

Agora vamos estabelecer um critério de transcendência que é, de certa forma, uma generalização do critério de irracionalidade mostrado no final da seção 2. Assim como foi feito na demonstração do Teorema 2.2, para chegar neste critério de transcendência, iremos examinar o quão próximo de zero $|P(\xi)|$ pode se tornar quando variarmos $P(z)$ sobre todos os polinômios de $\mathbb{Z}[z]$, com grau e altura menores ou iguais a N e H , respectivamente, e tais que $P(\xi) \neq 0$. Para isto, definimos

$$\mathcal{P}_{N,H} = \{P(z) \in \mathbb{Z}[z]; \partial(P) \leq N \text{ e } \mathcal{H}(P) \leq H\}$$

e

$$\Omega(\xi, N, H) = \min\{|P(\xi)|; P(z) \in \mathcal{P}_{N,H} \text{ e } P(\xi) \neq 0\}.$$

Queremos comparar $\Omega(\xi, N, H)$ ao expoente de H do Teorema Geral de Dirichlet, vamos definir o expoente $\omega(\xi, N, H)$ que satisfaz a equação

$$\Omega(\xi, N, H) = H^{-\omega(\xi, N, H) \cdot N}.$$

E, assim, encontrar o menor valor possível de $\Omega(\xi, N, H)$ para infinitos H e N é equivalente a determinar o maior valor possível para $\omega(\xi, N, H)$ quando variamos os valores de H e N .

Se ξ é transcendente, o Teorema Geral de Dirichlet garante que, para todo N e H fixos, existem uma constante positiva $C = C(\xi, N)$ e um polinômio $P(z) \in \mathcal{P}_{N,H}$ tais que

$$\Omega(\xi, N, H) \leq |P(\xi)| \leq \frac{C}{H^{\frac{1}{2}(N-1)}} \Rightarrow H^{-\omega(\xi, N, H) \cdot N} \leq \frac{C}{H^{\frac{1}{2}(N-1)}}.$$

Aplicando o logaritmo na última desigualdade,

$$-\omega(\xi, N, H) \cdot N \cdot \ln(H) \leq \ln(C) - \frac{N-1}{2} \ln(H)$$

e isolando $\omega(\xi, N, H)$ na desigualdade,

$$\omega(\xi, N, H) \geq \frac{N-1}{2N} - \frac{\ln(C)}{N \cdot \ln(H)}.$$

Equação 3

Primeiramente, vamos analisar o crescimento de $\omega(\xi, N, H)$ para infinitos valores de H . Estamos interessados no maior ponto de acumulação de $\omega(\xi, N, H)$, para N fixo e $H \rightarrow \infty$. Assim, definimos

$$\omega(\xi, N) := \limsup_{H \rightarrow \infty} \omega(\xi, N, H)$$

como o maior ponto de acumulação de $\omega(\xi, N, H)$ quando $H \rightarrow \infty$. Aplicando $\limsup_{H \rightarrow \infty}$ na desigualdade dada pela Equação 3, temos

$$\begin{aligned} \limsup_{H \rightarrow \infty} \omega(\xi, N, H) &:= \omega(\xi, N) \geq \limsup_{H \rightarrow \infty} \left(\frac{N-1}{2N} \right) - \underbrace{\limsup_{H \rightarrow \infty} \left(\frac{\ln(C)}{N \cdot \ln(H)} \right)}_{\rightarrow 0} \\ &\Rightarrow \omega(\xi, N) \geq \frac{N-1}{2N}. \end{aligned}$$

Denotando $\omega(\xi)$ como sendo o maior ponto de acumulação de $\omega(\xi, N)$ quando $N \rightarrow \infty$, concluímos que

$$\limsup_{N \rightarrow \infty} \omega(\xi, N) := \omega(\xi) \geq \limsup_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{N-1}{2N} \right) = \frac{1}{2} \Rightarrow \omega(\xi) \geq \frac{1}{2}.$$

Isto é, se ξ é transcendente, então $\omega(\xi)$ deve ser pelo menos $\frac{1}{2}$ (diferente de zero).

Agora vamos estimar $\omega(\xi)$ quando ξ for um algébrico de grau d . Seja $P(z) \in \mathcal{P}_{N,H}$ o polinômio que satisfaz

$$|P(\xi)| = \Omega(\xi, N, H) = H^{-\omega(\xi, N, H) \cdot N}.$$

Pelo Teorema Geral de Liouville, temos

$$|P(\xi)| = H^{-\omega(\xi, N, H) \cdot N} \geq \frac{c(\xi, N)}{\mathcal{H}(P)^{d-1}} \geq \frac{c(\xi, N)}{H^{d-1}} \Rightarrow H^{-\omega(\xi, N, H) \cdot N} \geq \frac{c}{H^{d-1}}$$

o que implica (aplicando a função log e isolando $\omega(\xi, N, H)$)

$$\omega(\xi, N, H) \leq \frac{d-1}{N} - \frac{\ln(c)}{N \cdot \ln(H)}.$$

Logo,

$$\omega(\xi, N) = \limsup_{H \rightarrow \infty} \omega(\xi, N, H) \leq \frac{d-1}{N} - \underbrace{\limsup_{H \rightarrow \infty} \frac{\ln(c)}{N \cdot \ln(H)}}_{\rightarrow 0}$$

e assim

$$\omega(\xi) = \limsup_{N \rightarrow \infty} \omega(\xi, N) \leq \limsup_{N \rightarrow \infty} \frac{d-1}{N} = 0 \Rightarrow \omega(\xi) \leq 0.$$

Por outro lado, como a sequência $(\Omega(\xi, N, H))_{N \geq 1}$ é não crescente, então $\Omega(\xi, N, H) \leq \Omega(\xi, 1, H) \leq 1$, para todo²⁶ $H \geq |\xi| + 1$. Daí,

$$\omega(\xi, N, H) = \frac{\ln(\Omega(\xi, N, H))}{N \cdot \ln(H)} \geq 0.$$

Assim $\omega(\xi) \geq 0$ e concluímos que se ξ é algébrico então $\omega(\xi) = 0$. Com isso, acabamos de provar o seguinte critério de transcendência:

²⁶ Esse argumento vale tanto para ξ algébrico quanto transcendente.

Teorema 4.3 | Dados um número complexo ξ e inteiros positivos H e N , sejam

$$\mathcal{P}_{N,H} = \{P(z) \in \mathbb{Z}[z]; \partial(P) \leq N \text{ e } \mathcal{H}(P) \leq H\}$$

e

$$\Omega(\xi, N, H) = \min\{|P(\xi)|; P(z) \in \mathcal{P}_{N,H} \text{ e } P(\xi) \neq 0\}.$$

Defina $\omega(\xi, N, H)$ como

$$\Omega(\xi, N, H) = H^{-\omega(\xi, N, H) \cdot N},$$

$\omega(\xi, N) := \limsup_{H \rightarrow \infty} \omega(\xi, N, H)$ e $\omega(\xi) := \limsup_{N \rightarrow \infty} \omega(\xi, N)$. Então ξ é transcendente se, e somente se, $\omega(\xi) \neq 0$.

4.3 A CLASSIFICAÇÃO DE MAHLER

Como vimos na demonstração do Teorema 4.3, $\omega(\xi) \geq 0$, para todo ξ , e que $\omega(\xi) = 0$ apenas quando ξ é algébrico. Quando ξ for transcendente, temos duas situações: ou $\omega(\xi)$ é um número finito positivo²⁷, ou $\omega(\xi) = \infty$. Além disso, um caso particular de $\omega(\xi) = \infty$ é quando existe algum inteiro N_0 tal que $\omega(\xi, N_0) = \infty$, com isso, podemos definir²⁸ $\nu(\xi) := \min \{N_0 \in \mathbb{N}: \omega(\xi, N_0) = \infty\}$.

Feito essa observação, se ξ é um número transcendente tal que $\omega(\xi) = \infty$ e $\nu(\xi) = N_0$, podemos afirmar que existe um polinômio de grau N_0 tal que

$$\Omega(\xi, N_0, H) = |P(\xi)| = H^{-\omega(\xi, N_0, H) \cdot N_0}.$$

Com N_0 fixo e variando a altura de P (fazendo $H \rightarrow \infty$), temos

$$\limsup_{H \rightarrow \infty} \Omega(\xi, N_0, H) = \limsup_{H \rightarrow \infty} H^{-\omega(\xi, N_0, H) \cdot N_0} = 0.$$

Isto nos permite afirmar que ξ é um número transcendente que possui boa aproximação por polinômio de grau N_0 . Números transcendentess com essa propriedade serão chamados de *U-números*.

Outro caso em que $\omega(\xi) = \infty$ é se a sequência $\omega(\xi, 1)$, $\omega(\xi, 2)$, $\omega(\xi, 3)$, ... não possui ponto de acumulação. Neste caso podemos sempre obter uma aproximação para ξ cada vez melhor conforme o grau do polinômio aplicado em ξ aumenta. Para esses números definimos $\nu(\xi) = \infty$ e chamaremos esses números de *T-números*.

O terceiro caso de número transcendente é quando $0 < \omega(\xi) < \infty$, para esses números definimos $\nu(\xi) = \infty$ e esses números serão chamados de *S-números*.

Por fim, se $\omega(\xi) = 0$ (ξ é algébrico), então

$$\Omega(\xi, N, H) = H^{-\omega(\xi, N, H) \cdot N} \Rightarrow \limsup_{N, H \rightarrow \infty} \Omega(\xi, N, H) = \limsup_{N, H \rightarrow \infty} H^{-\omega(\xi, N, H) \cdot N} = 1,$$

²⁷ A notação $0 < \omega(\xi) < \infty$ indica que o número $\omega(\xi)$ é um número finito.

²⁸ Isto é, $\nu(\xi)$ é o menor grau do polinômio que "aproxima" ξ .

o que nos fornece uma “má aproximação” algébrica para números algébricos. Nesse caso definiremos $v(\xi) = \infty$ e, por conveniência, chamaremos esses números de *A-números*. Dito isso, chegaremos agora na classificação de Mahler: o número ξ é chamado

A – número, se $\omega(\xi) = 0$ e $(\log) v(\xi) = \infty$.

S – número, se $0 < \omega(\xi) < \infty$ e $(\log) v(\xi) = \infty$.

U – número, se $\omega(\xi) = \infty$ e $v(\xi) < \infty$.

T – número, se $\omega(\xi) = \infty$ e $v(\xi) = \infty$.

Os *A-números* referem-se aos números algébricos, enquanto os *S, U, T-números* tratam sobre os números transcendentos.

5 APÊNDICE

5.1 SOBRE O TEOREMA FUNDAMENTAL DAS FUNÇÕES SIMÉTRICAS NA DEMONSTRAÇÃO DO TEOREMA DE LIOUVILLE

Considere $F(x_1, x_2) = f_\alpha(x_1)f_\alpha(x_2)$, onde $f_\alpha(x) = a_2x^2 + a_1x + a_0$.

$$F(x_1, x_2) = (a_2x_1^2 + a_1x_1 + a_0)(a_2x_2^2 + a_1x_2 + a_0)$$

$$F(x_1, x_2) = a_2^2(x_1x_2)^2 + a_1a_2x_1^2x_2 + a_0a_2x_1^2 + a_1a_2x_1x_2^2 + a_1^2x_1x_2 + a_0a_1x_1 + a_0a_2x_2^2 + a_0a_1x_2 + a_0^2$$

$$F(x_1, x_2) = a_2^2(x_1x_2)^2 + a_1a_2x_1x_2(x_1 + x_2) + a_0a_2 \underbrace{(x_1^2 + x_2^2)}_{=\sigma_1^2 - 2\sigma_2} + a_1^2x_1x_2 + a_0a_1(x_1 + x_2) + a_0^2$$

$$F(x_1, x_2) = a_2^2(\sigma_2(x_1, x_2))^2 + a_1a_2(\sigma_1(x_1, x_2)\sigma_2(x_1, x_2)) + a_0a_2(\sigma_1(x_1, x_2)^2 - 2\sigma_2(x_1, x_2)) + a_1^2(\sigma_2(x_1, x_2)) + a_0a_1(\sigma_1(x_1, x_2)) + a_0^2 = G(\sigma_1(x_1, x_2), \sigma_2(x_1, x_2))$$

Como foi mostrado na demonstração do Teorema de Liouville, o grau de G tem que ser o mesmo que o grau de f_α (que nesse caso particular é 2), e pelo desenvolvimento $F(x_1, x_2)$ é fácil ver que o grau de G é 2. Mas suponha que $\partial G > 2$, logo existiria um monômio de G , digamos

$$\sigma_1(x_1, x_2)^{c_1}\sigma_2(x_1, x_2)^{c_2}$$

onde $c_1 + c_2 > 2$. Mas,²⁹

$$\begin{aligned} \sigma_1(x_1, x_2)^{c_1}\sigma_2(x_1, x_2)^{c_2} &= \overbrace{(x_1 + x_2)^{c_1}}^{x_1^{c_1+X(x_1, x_2)}} (x_1x_2)^{c_2} = (x_1^{c_1} + X(x_1, x_2)) (x_1^{c_1}x_2^{c_2}) \\ &\Rightarrow \sigma_1(x_1, x_2)^{c_1}\sigma_2(x_1, x_2)^{c_2} = x_1^{c_1+c_2} \cdot x_2^{c_2} + x_2^{c_2} \cdot X \end{aligned}$$

²⁹ $(x_1 + x_2)^{c_1} = x_1^{c_1} + X(x_1, x_2)$ onde $X(x_1, x_2)$ é o restante do desenvolvimento de $(x_1 + x_2)^{c_1}$ pelo Binômio de Newton.

a potência de x_1 é maior que 2, o que não pode ocorrer, uma vez que a maior potência de x_1 em $F(x_1, x_2)$ é exatamente 2.

5.2 SOBRE AS RELAÇÕES DE GIRARD

As relações de Girard são igualdades que relacionam as raízes de um polinômio com seus coeficientes. Em uma equação do segundo grau, isto é, da forma, $ax^2 + bx + c = 0$, as Relações de Girard dizem que a soma das raízes dessa equação deve ser igual a $-\frac{b}{a}$, enquanto o produto é igual a $\frac{c}{a}$. Para uma equação do terceiro grau, se x_1, x_2 e x_3 são raízes de $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$, então

$$\begin{aligned}x_1 + x_2 + x_3 &= -\frac{b}{a}; \\x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3 &= \frac{c}{a}; \\x_1x_2x_3 &= -\frac{d}{a}.\end{aligned}$$

Mas podemos reescrever essas relações utilizando as funções simétricas elementares, isto é, $\sigma_1(x_1, x_2, x_3) = -\frac{b}{a}$, $\sigma_2(x_1, x_2, x_3) = \frac{c}{a}$ e $\sigma_3(x_1, x_2, x_3) = -\frac{d}{a}$. De modo geral, para um polinômio $P(x) = a_nx^n + \dots + a_1x + a_0$, de grau n , se x_1, \dots, x_n são raízes desse polinômio, pelas Relações de Girard, devemos ter

$$\sigma_k(x_1, \dots, x_n) = \frac{(-1)^k a_{n-k-1}}{a_n},$$

com $k = 1, 2, \dots, n$.

OS AUTORES

Hugo Leonardo da Silva Belisário

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Goiânia/Departamento de Áreas Acadêmicas II
hugo.belisario@ifg.edu.br

Fernando Sacramento Reis Júnior

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Goiânia/ Licenciatura em Matemática – PIBIC
fernando.j@academico.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

BLUM-SMITH, Ben; COSKEY, Samuel. The fundamental theorem on symmetric polynomials: history's first whiff of Galois theory. *The College Mathematics Journal*, v. 48, n. 1, p. 18-29, 2017.

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

BAKER, Alan. On Mahler's classification of transcendental numbers. *Acta Math*, p. 97-120, 1964.

BAKER, Alan. *Transcendental Number Theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1966.

BUGEAUD, Yann. *Approximation by Algebraic Numbers*. New York: Cambridge University Press, 2004.

CHAVES, Ana Paula. *Sobre a classificação de Mahler dos números transcendentos*. Dissertação (Mestrado em Matemática) – Departamento de Matemática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

CHAVES, Ana Paula. Uma caçada transcendente: a classificação de Mahler. In: SEMINÁRIO DE ÁLGEBRA, 2015, Goiânia. *Seminário...* Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2015.

MARQUES, Diego. *Teoria dos números transcendentos*. Rio de Janeiro: SBM, 2013.

ROTMAN, Joseph J. Groups I: Permutations. In: YAGAN, Sally. *A First Course in Abstract Algebra With Applications*. 3rd. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2006. p. 106-110.

Gerenciamento eficientemente energético de microrrede de energia elétrica utilizando um sistema híbrido inteligente

5

**Marcelo Escobar de Oliveira
Ghunter Paulo Viajante
Renan Moreira Soares**

Resumo

Com o avanço das microrredes e suas tecnologias, suas técnicas de controle tiveram que acompanhar essa evolução, indo de técnicas clássicas baseadas até técnicas com inteligências artificiais. Diversas técnicas de controle de microrredes já utilizam a inteligência artificial, com destaque para sistemas multiagentes e sistemas *fuzzy*. No entanto, ainda é rara a utilização de diferentes técnicas combinadas, a qual tornaria os sistemas mais robustos ao compensar suas deficiências. Com base nisso, este trabalho propõe um gerenciamento de energia utilizando um sistema multiagentes com percepção *fuzzy*, com o objetivo de realizar o gerenciamento de forma mais eficiente, controlando quando conectar/desconectar cargas e carregar/descarregar baterias em uma microrrede ao longo do dia, bem como combinando as características intrínsecas

de cada inteligência: a independência dos agentes e a comunicação entre si. Busca-se, assim, resolver problemas dos sistemas multiagentes, permitindo que cada dispositivo da microrrede seja responsável por suas ações e desenvolva tanto uma habilidade social quanto a habilidade de lidar com incertezas. Neste caso, trata-se das variáveis climáticas, de modo que se reproduza o pensamento humano a partir de regras “se isto ocorre, então aquilo deve ser feito”, caracterizando uma habilidade de raciocínio dedutivo. Ao fim, compara-se o desempenho desse gerenciamento ao realizado apenas com sistema multiagentes, evidenciando uma melhora quanto à utilização das baterias em decorrência da combinação de diferentes técnicas de inteligência artificial.

Palavras-chave: Gerenciamento. Fuzzy. Microrredes. Multiagentes. Energia.

1 INTRODUÇÃO

O modelo centralizado das redes de energia elétrica tradicionais vem perdendo espaço para a geração distribuída (GD), na qual a energia elétrica é produzida próxima aos consumidores. A utilização de fontes renováveis de energia como fotovoltaica e eólica acompanhou este crescimento, sendo que diversos incentivos contribuíram para este feito. Assim como a evolução tecnológica, que permitiu que estes sistemas se tornassem opções viáveis frente a geração centralizada.

O crescimento destas tecnologias também acabou impulsionando o surgimento de microrredes de energia, definidas, segundo o marco legal da microgeração e minigeração distribuída (BRASIL, 2022), como sistemas que se utilizam de recursos de geração distribuída, armazenamento de energia elétrica e cargas integradas num sistema de distribuição. Sendo capazes de controlar os parâmetros de eletricidade, podendo operar de forma isolada e prover condições de recomposição e autorrestabelecimento, utilizando de técnicas de controle inteligente para gerenciar seus recursos.

As *smartgrids* são o futuro das redes de energia elétrica, tornando-as inteligentes. Assim como a geração distribuída permitiu que cada consumidor possuísse sua própria geração, as microrredes permitem que cada um tenha sua própria rede inteligente, gerenciando seus recursos, além de tornar a rede elétrica como um todo cada vez mais inteligente aos poucos.

Sendo as *smartgrids* o futuro das redes convencionais, as microrredes são o futuro da geração distribuída e das redes inteligentes. No entanto, por ser um conceito relativamente novo, as microrredes ainda são encontradas primordialmente na etapa de aplicação em laboratório, conforme Bellido (2018). Assim, as tecnologias envolvidas nas microrredes, principalmente no que se tange as técnicas de controle inteligente, ainda estão em desenvolvimento.

O controle de microrredes se dá a partir de algoritmos visando otimizar seus recursos elétricos, mantendo qualidade de energia e garantindo sua operação confiável. Este algoritmo pode ser construído a partir de diferentes metodologias, onde diferentes condições, sejam ambientais ou de carga, acabam influenciando em qual método é mais vantajoso a depender do objetivo desejado (ALMEIDA, 2019).

A utilização de inteligência artificial se mostra uma alternativa neste controle, sendo que cada técnica de inteligência artificial se mostra eficaz para alcançar um objetivo final distinto. As microrredes podem possuir múltiplos objetivos, como garantir o suprimento de energia para alguma carga crítica a qualquer custo, manter a qualidade de energia, diminuir custos, dentre outros.

Assim, este trabalho propõe a utilização de duas técnicas de inteligência artificial combinadas num sistema híbrido inteligente a fim de gerenciar os recursos de uma microrrede, com o objetivo de garantir um melhor aproveitamento de energia renovável e diminuir as perdas de energia ao longo do dia. A utilização desta combinação visa aproveitar a eficácia de cada inteligência a fim de melhorar a técnica de controle da microrrede.

2 MICRORREDES

O conceito de microrrede evoluiu com o tempo até chegar ao conceito atual apresentado na seção anterior. Surgindo ao mesmo tempo que as redes tradicionais quando Thomas Edson criou a primeira estação de energia elétrica, o conceito foi evoluindo ao longo dos anos devido a acontecimentos históricos, evolução tecnológica e incentivos políticos (SOARES; OLIVEIRA, 2022).

As microrredes possuem, no entanto, diversas configurações, dado ao seu conceito abrangente que pode ser interpretado de diferentes formas, sendo também definido de maneiras diferentes em outros países. Independentemente disto, as microrredes possuem características intrínsecas que as diferenciam de outros sistemas de energia elétrica, conforme apresentado por Schwaegerl e Tao (2014) e explanadas a seguir.

A primeira característica é a integração de seus recursos localizados em uma única rede de distribuição local, de tal forma, a proximidade é um fator importante no conceito de microrredes, onde as cargas, e conseqüentemente o consumo, estão próximas fisicamente da geração.

Outra característica intrínseca às microrredes é a dualidade de sua operação. O estado normal de operação da maioria das microrredes é conectada à rede principal, possuindo referência de tensão e frequência, sendo que há a possibilidade desta mesma gerar suas referências no estado de emergência, isolada da rede, sendo que neste modo de operação a microrrede é ainda responsável por suprir todas as cargas, garantindo a qualidade de energia.

Por fim, a característica crucial que diferencia as microrredes de outras redes com microgeração é a capacidade de gerenciar e coordenar seus recursos disponíveis a fim de alcançar objetivos não apenas de qualidade de energia elétrica e funcionamento básico, mas podendo alcançar objetivos econômicos e ambientais.

Devido a imensidão de arquiteturas de microrredes que podem ser construídas, os sistemas de controle também apresentam diferentes configurações, a depender da sua topologia, recursos e objetivos. Além disso, o controle possui diferenças ainda quanto ao modo de operação da microrrede, onde que no modo ilhado o gerenciamento de tensão e frequência é um objetivo obrigatório, enquanto que no modo conectado os objetivos podem variar desde priorizar custos, gerenciar demanda, carregamento de baterias, dentre outros.

Esse controle também é diferente nas microrredes construídas em corrente alternada (CA) ou corrente contínua (CC), sendo que nesta o controle é mais simples devido à ausência da variável

frequência e potência reativa. Ainda há a possibilidade de microrredes híbridas, operando parte em CA e parte em CC, tornando o controle ainda mais complexo.

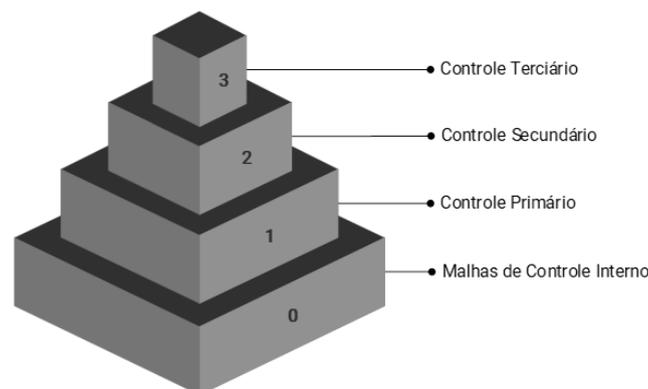
De tal forma, abordagens diferentes podem ser utilizadas no controle de microrredes. Independentemente da abordagem, as estratégias de controle são normalmente separadas em níveis, caracterizando o controle hierárquico. Apesar de não ser um padrão formal para as microrredes, a norma ISA95 é utilizada para realizar a interface automática entre operação e controle de microrredes, tratando da integração de sistemas de controle-corporativos (KABALCI, 2020). O controle hierárquico definido nesta norma vai do nível 0 ao 5, no entanto, no contexto das microrredes, a aplicação desta norma engloba apenas os níveis de 0 a 3, conforme Figura 1.

A base da pirâmide hierárquica, o nível 0, conhecida como malhas de controle interno, é composta por ligações físicas e componentes para detectar alterações nos sistemas, segundo a norma. No caso das microrredes, este nível fornece regulação para obter tensão e corrente de saída confiáveis utilizando malhas de controle.

No próximo nível, conhecido como controle primário, são predefinidos os procedimentos de gerenciamento para os sistemas, segundo a norma. Nas microrredes, estabelece os requisitos fundamentais de operação no modo ilhado, como a criação de referência de tensão e frequência. É o nível de controle com maior velocidade de resposta.

FIGURA 1

Níveis do controle hierárquico de microrredes segundo a ISA95



Fonte: Elaborada pelos autores.

O segundo nível, controle secundário, é onde define-se estratégias de controle e gerenciamento em uma área particular, segundo a norma. Nas microrredes, este nível garante a obtenção de

tensão e corrente em valores nominais desejados, eliminando flutuações. Neste nível, as funções de controle para gerenciamento de carga e demanda são cruciais, priorizando cargas em situações em que a geração é insuficiente, além de gerenciar o carregamento de baterias e utilização de fontes renováveis (KARAARSLAN; SEKER, 2020).

O terceiro nível, sendo o mais lento, localizado no topo da pirâmide hierárquica, é onde estabelecem-se os controles de geração e fluxo de potência entre a microrrede e a rede elétrica. Neste nível, encontram-se funções de controle responsáveis por decidir sobre mudanças entre modo ilhado e conectado, importar ou exportar energia e coordenação entre diversas microrredes (DIMEAS *et al.*, 2014).

As técnicas de controle de uma microrrede devem ser construídas com base a abranger os níveis do controle hierárquico. Assim, técnicas de controle devem ser utilizadas para alcançar os objetivos de cada nível. Neste trabalho, o foco é o gerenciamento de energia elétrica de forma eficiente, portanto, os níveis secundários e terciários são os que mais se encaixam na proposta.

Existem diferentes técnicas de controle de microrredes na literatura, sendo centralizados ou distribuídos. As técnicas centralizadas possuem como característica a utilização de um único dispositivo que comanda todos os outros elementos, enquanto que as técnicas distribuídas há a presença de vários dispositivos controlando seus próprios recursos, comunicando entre si.

Os sistemas centralizados costumam ser mais acessíveis, enquanto que os distribuídos costumam ser dispendiosos, porém mais flexíveis e utilizados quando se há diferentes objetivos a serem cumpridos (BELLIDO, 2018). Há ainda a opção de combinar estas topologias em um sistema hierárquico, onde há uma abordagem centralizada a fim de alcançar um único objetivo em comum, como também há uma distribuída, onde podem ter objetivos distintos a serem alcançados com menor prioridade.

3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM MICRORREDES

Técnicas baseadas em inteligência artificial se mostraram eficazes no gerenciamento de microrredes, tanto com abordagens distribuídas quanto centralizadas. Neste trabalho, o foco está em duas inteligências com abordagens distintas que já são utilizadas com bastante frequência no controle de microrredes: os sistemas multiagentes e os sistemas *fuzzy*.

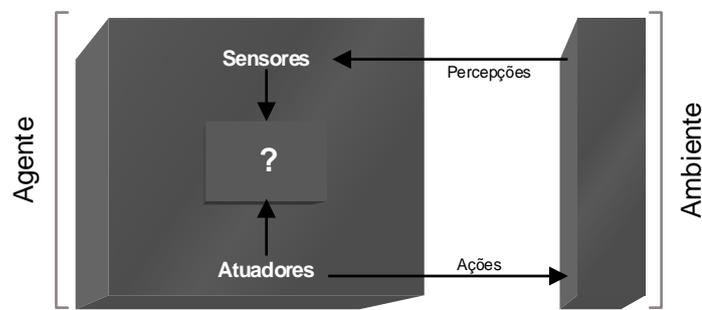
A técnica sistemas multiagentes se encaixa na abordagem distribuída, com agentes capazes de “perceber seu ambiente por meio de sensores e de agir sobre esse ambiente por

intermédio de atuadores” (RUSSEL; NORVIG, 2013), interagindo entre si e tomando decisões com base nisso.

Cada agente pode ter percepções e ações diferentes acerca do ambiente, conforme a Figura 2, trocando informações que se complementam e contribuem para a tomada de decisões. Essa habilidade social se dá pela comunicação entre eles. Esta técnica diminui a complexidade de algoritmos que lidam com muitas informações de forma centralizada, assim cada agente lida com seus objetivos, interagindo com seus vizinhos a fim de entrar em consenso.

FIGURA 2

Agente interagindo com o ambiente



Fonte: Elaborada pelos autores com base em Russel e Norvig (2013).

Os protocolos de interação são essenciais para realizar a troca de informações, sendo que neste trabalho são utilizados protocolos da Fundação para Agentes Físicos Inteligentes (FIPA, em inglês: Foundation for IntelligentPhysical Agents). Dentre os protocolos disponíveis, os protocolos FIPA-Request e FIPA-Contract-Net foram os utilizados neste trabalho.

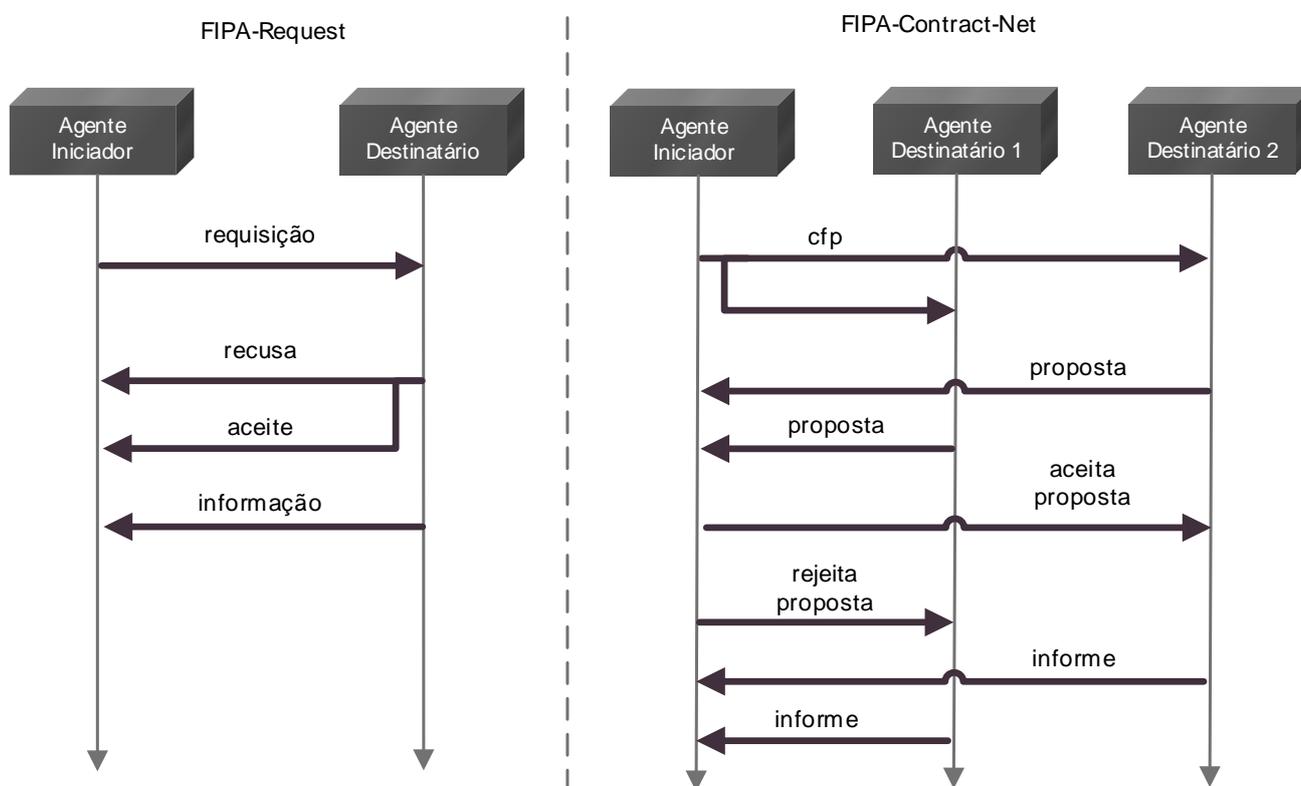
O protocolo FIPA-Request é utilizado quando um agente precisa requisitar uma informação para outro agente, de tal forma, o agente iniciador envia uma requisição ao agente destinatário, e este informará ao agente iniciador a informação solicitada ou não. Por outro lado, o protocolo FIPA-Contract-Net é utilizado por agentes que necessitam negociar entre si a fim de alcançar objetivos. O agente iniciador envia uma chamada de propostas (CFP) para os agentes destinatários, sendo que estes irão enviar propostas ao agente iniciador que deve então aceitar ou rejeitá-las. A Figura 3 demonstra como esta comunicação ocorre em cada protocolo.

A aplicação de sistemas multiagentes em microrredes já é comum, onde cada elemento da rede ou seu supervisor é visto como um agente que pode perceber as grandezas elétricas e atuar de forma a alcançar objetivos.

Em Faria (2019), são utilizados quatro agentes para realizar a supervisão de uma microrrede contendo tanto geração fotovoltaica, sistemas de armazenamento de energia e gerador síncrono, com agentes divididos em níveis hierárquicos. O primeiro nível composto por um agente realizando a supervisão do sistema como um todo, enquanto os outros níveis supervisionam partes específicas do sistema. Cada agente dotado de funções diferentes, repassando informações para o agente de nível hierárquico superior, caso necessário. Assim, atuando em conjunto para detectar as situações de violação na operação da microrrede e atuar conforme necessário, mantendo o funcionamento do sistema.

Esta inteligência artificial pode ser tanto utilizada para atuar como um monitoramento de qualidade de energia (NETTO *et al.*, 2015), quanto para gerenciar a demanda minimizando custos (ROMA *et al.*, 2019) ou ainda para gerenciar a energia buscando priorizar cargas em diferentes cenários (NETTO, 2018).

FIGURA 3
Funcionamento dos protocolos FIPA-Request e FIPA-Contract-Net



Fonte: Elaborada pelos autores com base em FIPA (2003).

A utilização desta inteligência no gerenciamento de microrredes, portanto, é satisfatório quando se deseja um controle distribuído, com vários objetivos, como o otimizar o balanço energético e garantir o funcionamento da microrrede, assim como realizar gerenciamento de cargas. Além disso, garante flexibilidade ao sistema, ao permitir que novos agentes possam ser inseridos sem grandes alterações no algoritmo.

Já os sistemas *fuzzy* são técnicas de inteligência artificial centralizada utilizadas quando as variáveis de entrada são imprecisas, vagas ou traduzidas em variáveis linguísticas (RUSSEL; NORVIG, 2013). Estes sistemas se utilizam da teoria dos conjuntos nebulosos para incorporar a forma que um humano pensa em um sistema de controle com comportamento similar ao raciocínio dedutivo (SHAW; SIMÕES, 2001).

O raciocínio dedutivo é o ato de inferir em conclusões a cerca de um tema com base em informações já conhecidas sobre o processo. Assim, segundo os autores supracitados, pode-se utilizar o controle *fuzzy* quando um sistema depender de habilidades do operador e de atenção, quando um parâmetro do processo afetar outro, quando o sistema é demasiadamente complexo para ser modelado matematicamente, ou quando possui variáveis que carregam incertezas, como aquelas que dependem de condições da natureza.

O funcionamento de um controlador difuso pode ser visto na Figura 4. De forma simplificada, as variáveis de entrada são transformadas em variáveis do domínio *fuzzy*, pelo processo de fuzzificação, mapeando os números reais em categorias pré-definidas de acordo com a sua pertinência à estas categorias. Com as variáveis de entrada traduzidas em variáveis nebulosas, estas são analisadas para fornecer uma saída. Esta saída é gerada a partir de regras do tipo “se isso, então aquilo” (CANEPPELE, 2007) que são definidas com base nos conhecimentos acerca do processo real. A saída obtida necessita, assim como as entradas, de um processo de conversão, desta vez no sentido contrário, a fim de tornar seu valor nebuloso em um valor numérico que será utilizado no controle, caso necessário.

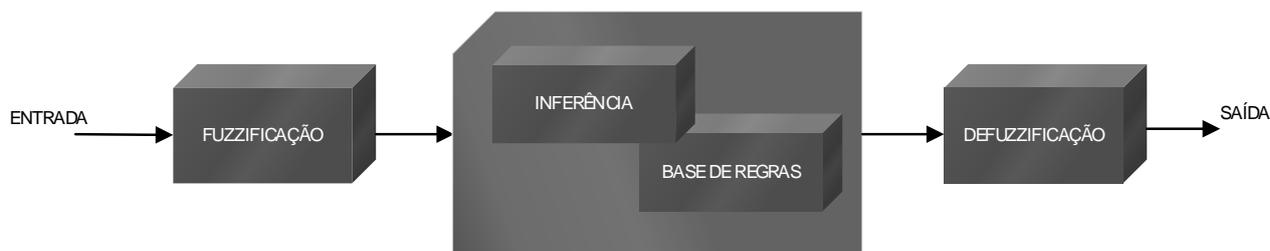
A aplicação destes sistemas na distribuição pode ser notada principalmente quando se trata de variáveis incertas, principalmente em estimações de demanda ao longo do dia com base na ocupação (SANTOS, 2016), assim como na estimativa de geração renovável que depende de variáveis atmosféricas como a geração fotovoltaica e eólica.

Nas microrredes, o gerenciamento de energia utilizando sistemas *fuzzy* se mostra eficaz devido a característica das microrredes de possuir tanto geração renovável e não-renovável, onde o aperfeiçoamento do controle de uso das fontes renováveis com o objetivo de melhor aproveitar

energia limpa pode ser realizado, como em Caneppele (2007), com base em variáveis de entrada como velocidade do vento e radiação solar. Assim, o controlador seria capaz de decidir qual das baterias o sistema carregaria quando houvesse excedente de energia.

FIGURA 4

Estrutura geral de um controlador *fuzzy*



Fonte: Elaborada pelos autores com base em Shaw e Simões (2001).

Trabalhos semelhantes a este são encontradas na literatura, gerenciando o balanço energético e permitindo um maior aproveitamento de energia limpa, com a adição de biogás (REIS, 2002) ou sendo mais focado no gerenciamento de um sistema com geração a diesel, módulos fotovoltaicos, baterias e cargas, inferindo no comando de ligar, desligar ou não alterar o estado do gerador diesel e priorizando o carregamento de baterias por geração limpa (SOUZA, 2018).

Estes trabalhos demonstram a aplicação da lógica *fuzzy* no gerenciamento de microrredes, no entanto, as possibilidades vão além destas, podendo ser aplicadas de diferentes formas. O mesmo pode ser destacado para os sistemas multiagentes. Além disso, a combinação destas duas inteligências pode unir o melhor de suas características, suprimindo suas deficiências, no que se conhece como um sistema híbrido inteligente.

4 SISTEMAS MULTIAGENTES COM PERCEPÇÃO FUZZY

A combinação de duas inteligências ou mais define um sistema híbrido inteligente (OSÓRIO; VIEIRA, 1999), que possui diversas vantagens, principalmente ao combinar técnicas diferentes a fim de complementar suas deficiências e tornar o processo mais próximo ao raciocínio humano. Existem infinitas combinações de sistemas híbridos inteligentes utilizados na literatura, como a combinação entre redes neurais e lógica *fuzzy*, sistemas multiagentes e aprendizagem por reforço, dentre outras. A combinação proposta neste trabalho também é vista na

literatura, inclusive no gerenciamento de microrredes, mas as possibilidades de combinações destas são diversas.

Um sistema multiagente com percepção *fuzzy* é uma das combinações possíveis e a utilizada neste trabalho. Esta técnica consiste em construir agentes que lidem com um ambiente de informações incertas, conflitantes ou ambíguas, por meio da lógica nebulosa.

Basicamente, um agente com percepção *fuzzy* irá receber variáveis de entradas imprecisas, agindo como um controlador difuso, lidando com as informações traduzidas em termos linguísticos e inferindo em decisões com base em suas regras. A Figura 5 demonstra a estrutura de um agente com percepção *fuzzy*.

FIGURA 5

Agente com percepção *fuzzy*



Fonte: Elaborada pelos autores.

Em microrredes, a utilização desta combinação se dá em alguns trabalhos, como para controlar uma microrrede e determinar sua operação ótima baseado em condições em tempo real e dinâmicas do mercado de energia (GIL; SALAZAR; OVALLE, 2018). O agente com percepção *fuzzy* neste caso é responsável por determinar o próximo estado de operação da microrrede, com base nas variáveis de entrada. Este agente lida com o mercado de energia, percebendo o preço da energia e disponibilidade da mesma no sistema recomendando ações como trabalhar em modo ilhado, conectado, utilizar ou carregar as baterias.

De forma semelhante, um agente com percepção *fuzzy* foi construído com a responsabilidade de tomar decisões sobre a entrega de energia de uma microrrede, percebendo o estado das baterias, balanço de potência e preço da energia, informando os agentes responsáveis pelas baterias e pela operação da microrrede (SERRAJI; BOUMHIDI; NFAOUI, 2015).

5 MODELAGEM DA MICRORREDE

Como o intuito deste trabalho é aplicar um sistema híbrido inteligente para gerenciar eficientemente uma microrrede, considerando o balanço energético e aproveitamento de energia limpa, a modelagem se deu apenas no nível de geração, armazenamento e cargas. De tal forma, os controles primários e secundários relacionados à frequência e tensão foram ignorados.

A microrrede modelada é composta por geração fotovoltaica, eólica, sistemas de armazenamento e cargas, sendo que estas são organizadas em função de sua prioridade. Admite-se que a microrrede opera no modo ilhado, no entanto, este aspecto não é avaliado neste trabalho.

Os geradores fotovoltaicos e eólicos foram modelados de forma a produzir sua potência máxima para as condições climáticas de entrada, como radiação solar, velocidade do vento e temperatura ambiente, coletadas por meio de uma estação solarimétrica no Câmpus Itumbiara. As equações para sua modelagem podem ser encontradas em Gabriel Filho (2007), mas não são aqui demonstradas devido a sua extensão. Os geradores foram modelados de acordo com parâmetros apresentados nas tabelas 1 e 2. Foram inseridos 20 geradores de cada tipo, sendo que os geradores fotovoltaicos possuem 3 módulos, cada um com potência nominal 100 Wp e os eólicos possuem potência nominal de 5 kW.

TABELA 1

Parâmetros de placa do gerador fotovoltaico

Especificações	Valor
Número de células em série	36
Número de células em paralelo	2
Área de células do módulo	0,72/m ²
TONC (800 W/m ² , 20°C, AM 1,5, 1 m/s)	47 °C
Tensão nominal	12 V
Potência máxima	100 Wp ± 10%
Corrente de curto-circuito	6,54 A
Tensão de circuito aberto	21,6 V
Corrente de potência máxima	5,74 A
Tensão de potência máxima	17,4 V

Fonte: Elaborada pelos autores.

TABELA 2

Parâmetros de placa do gerador eólico

Especificações	Valor
Diâmetro do rotor	6,54 m
Altura da medição do vento	3,30 m
Sobrevivência à velocidade do vento	50 m/s
Altura da torre do aerogerador	14 m
Tipo de terreno	Plano
Fator de superfície a	0,1
Eficiência da conversão eletromecânica média	68,81%
Coeficiente de potência	59,26%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Como a velocidade do vento medida na estação solarimétrica foi na altura de 3,30 m, esta teve que ser corrigida para a altura de 14 m com base na Equação 1 a seguir.

$$\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^a \quad \text{Equação 1}$$

As baterias foram modeladas com base em sua capacidade, limites inferiores e superiores para estado de carga e potência mínima e máxima de carga e descarga, conforme (ZHAO *et al.*, 2013). De tal forma, o comportamento analisado das baterias é seu estado de carga (SOC – *state of charge*), obtido pela Equação 2, onde ΔP é a quantidade de potência retirada ou adicionada na bateria num período de tempo Δt . O SOC é adimensional e varia de 0 a 100%.

$$SOC_{t+\Delta t} = SOC_t \pm \frac{\Delta P [kW] \cdot \Delta t [h]}{Capacidade [kWh]} \quad \text{Equação 2}$$

Todas as baterias modeladas possuem capacidade de 2,56 kWh, com limites superiores e inferiores do SOC de 25 e 85%, respectivamente, assim como limite inferior de potência de 50 W. As diferenças entre cada bateria se encontram no limite máximo de carga e descarga e seu SOC inicial, conforme Tabela 3.

TABELA 3

Parâmetros que diferem entre as baterias.

Bateria	Potência máxima de carga/descarga [W]	SOC inicial [%]
1	600	30
2	400	80
3	500	26
4	500	90
5	300	100

Fonte: Elaborada pelos autores.

As cargas foram modeladas de acordo com prioridades, cada carga recebendo uma curva de demanda e potência instalada, conforme Tabela 4. Para cada grupo de prioridade, exceto prioridade 1, as cargas instaladas foram inseridas em forma de escada, sendo que a primeira possui 20 W de potência instalada e as demais são acrescidas de 10 W até ultrapassar o total instalado.

TABELA 4

Total de cargas instaladas.

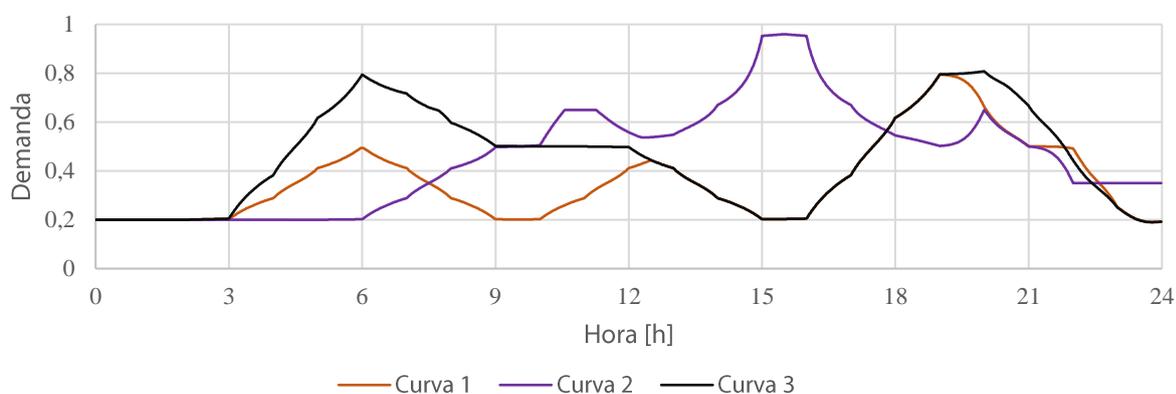
Prioridade	Total instalado [W]	Curva de Demanda
1	600	1
2	3000	2
3	2500	3

Fonte: Elaborada pelos autores.

As curvas de demanda foram geradas com base em Santos (2016) e são apresentadas na Figura 6.

FIGURA 6

Curvas de demanda das cargas



Fonte: Elaborada pelos autores.

6 SISTEMA MULTIAGENTES

O sistema multiagente foi construído em Python, utilizando a biblioteca PADE (*Python Agent Development framework*) que é um framework para desenvolvimento, execução e gerenciamento de sistemas multiagentes em ambientes de computação distribuída desenvolvido por brasileiros e com aplicações no sistema elétrico (MELO *et al.*, 2019).

Foram definidos 5 agentes, cada um sendo responsável por lidar com as cargas, baterias, geração fotovoltaica e geração eólica, além de um agente supervisor, responsável por gerenciar as informações entre os agentes e tomar decisões quanto a microrrede.

Cada agente possui seus próprios objetivos, apesar de depender do agente supervisor para realizar certas ações. Os agentes podem ter comportamentos temporais e comportamentos baseados nos protocolos FIPA apresentados. O agente supervisor possui três comportamentos, sendo que seu comportamento temporal define que de tempo em tempo este irá ativar os seus comportamentos FIPA-Request e FIPA-Contract-Net.

De tal forma, este irá requisitar (FIPA-Request) aos outros agentes informações como geração, SOC médio das baterias e quantidade de cargas conectadas, além do consumo atual. Com base nessas informações, realiza o balanço energético da microrrede, conforme Equação 3.

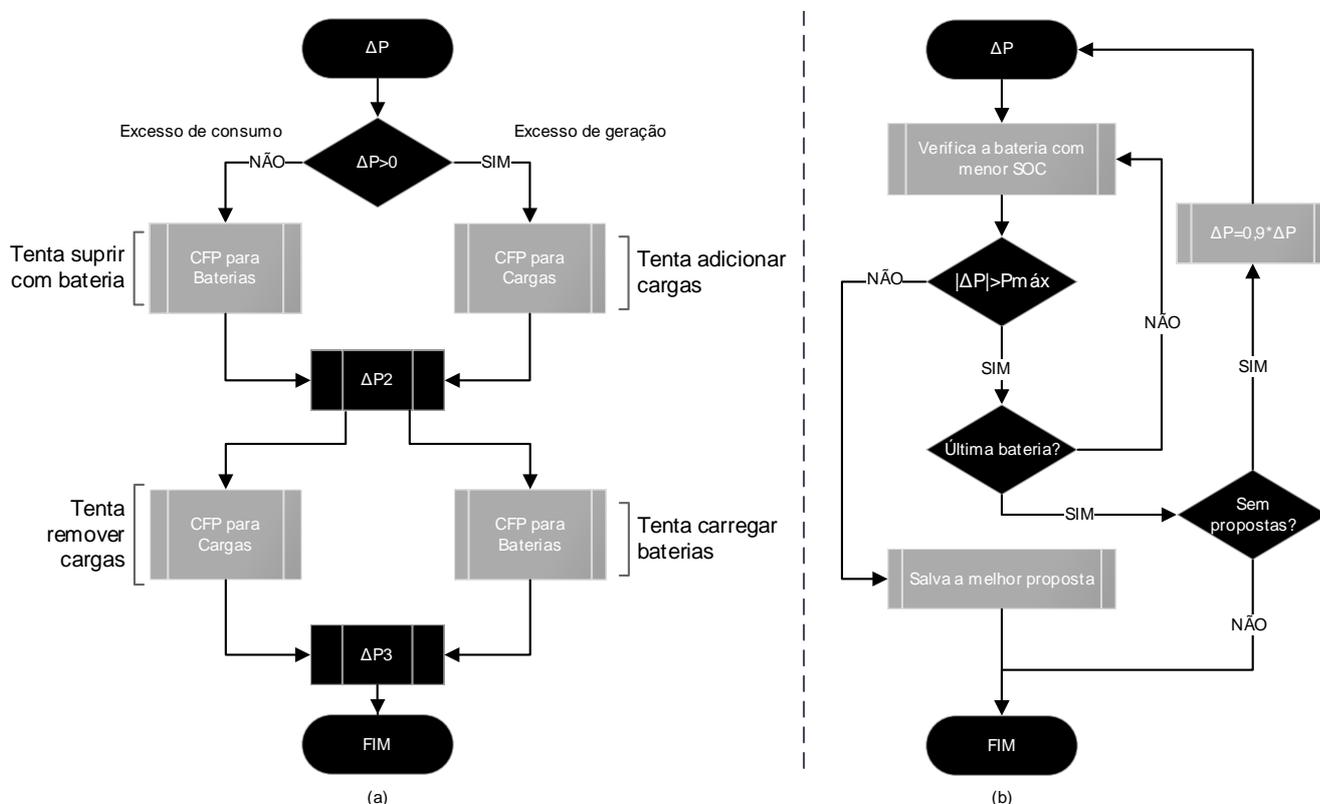
$$\Delta P = P_{\text{fotovoltaica}} + P_{\text{eólica}} - P_{\text{consumo}} \quad \text{Equação 3}$$

Assim, o supervisor verifica o sinal de ΔP , verificando se há excesso de geração (+) ou excesso de consumo das cargas (-). Com base nisso, o agente irá solicitar propostas (FIPA-Contract-Net) para os agentes, de acordo com o fluxograma da Figura 7-a. Recebida a primeira proposta, o agente supervisor aceita esta e realiza um novo balanço energético, solicitando, caso necessário, uma nova proposta, ainda seguindo o fluxograma da Figura 7-a.

Ao enviar a solicitação de propostas, o agente supervisor envia também o balanço energético informando a quantidade de potência que necessita. De tal forma, os agentes preparam a proposta de acordo com este valor. No caso do agente baterias, quando recebe a chamada, este irá seguir o fluxograma da Figura 7-b, escolhendo a bateria que será carregada/descarregada e a quantidade de potência que esta poderá receber ou ceder. O agente cargas irá realizar um processo semelhante, verificando quanta potência poderá ceder removendo cargas não-prioritárias ou quantas cargas podem ser realocadas com base na potência informada, e enviando na proposta quantas cargas podem ser realocadas e a potência destas.

FIGURA 7

Fluxogramas: (a) Agente Supervisor e (b) Agente Baterias



Fonte: Elaborada pelos autores.

Ao aceitar a proposta, o agente supervisor envia uma mensagem confirmando que o agente poderá realizar as ações ofertadas, seja carregar ou descarregar baterias ou realocar as cargas. Nota-se que os agentes baterias e cargas necessitam da autorização do agente supervisor para realizar suas ações, no entanto, estes que decidem localmente como as realizarão.

Apesar de ser funcional desta forma, o sistema multiagente ainda não está dotado da percepção *fuzzy*. A percepção irá substituir a escolha binária realizada pelo agente supervisor, que decide qual agente receberá a primeira proposta. Para isto, foram inseridos dois controladores *fuzzy* no agente supervisor, de tal forma, o primeiro é capaz de perceber as variáveis de radiação solar e o período do dia a fim de inferir se há excesso de geração ou falta. Não foi utilizada a variável de velocidade do vento, pois verificou-se que os dados de geração eólica para a localidade quando comparados a geração fotovoltaica são irrelevantes.

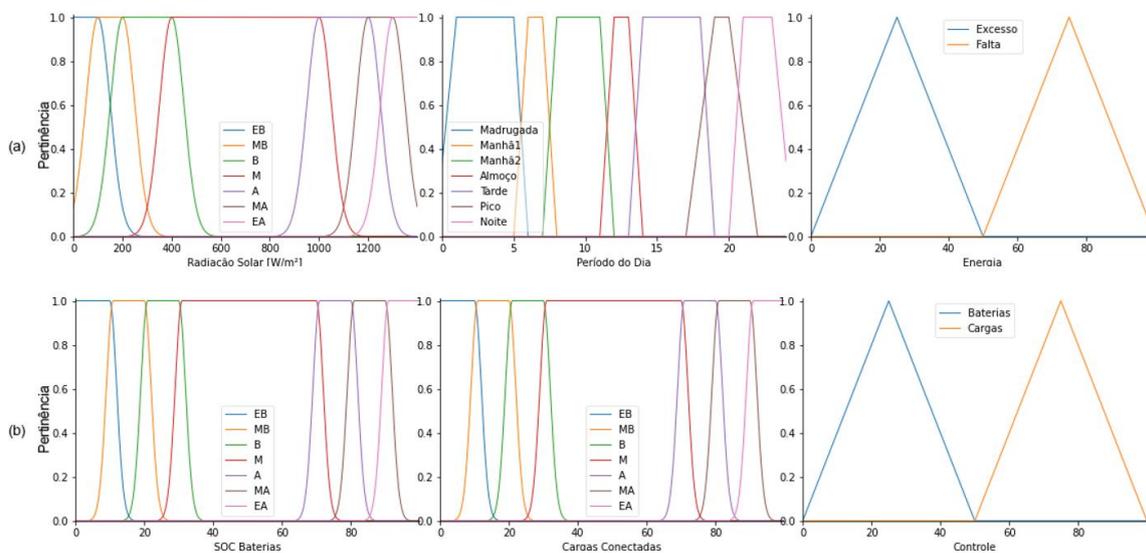
O segundo controlador depende do resultado do primeiro, que altera as regras do controlador a depender da saída, utilizando as variáveis SOC médio e quantidade de cargas, para inferir na esco-

Iha do agente baterias ou cargas para a primeira proposta. A Figura 8 apresenta as funções de pertinência para as entradas e saídas de cada controlador e seus rótulos. As regras estão apresentadas nos quadros 1 e 2, para o caso *Falta* basta trocar *Cargas* e *Baterias* de posição.

Assim, o agente supervisor é capaz de inferir se manda uma chamada de proposta para o agente baterias ou para o agente cargas. Após isso, o processo é semelhante ao fluxograma da Figura 7-a, enviando uma segunda proposta para o outro agente caso o novo balanço energético não seja nulo.

FIGURA 8

Funções de pertinência dos controladores *fuzzy*: (a) Primeiro e (b) Segundo



Fonte: Elaborada pelos autores.

QUADRO 1

Regras *fuzzy* para o Controlador 1

Radiação/Hora	Madrugada	Manhã1	Manhã2	Almoço	Tarde	Pico	Noite
EB	Falta	Falta	Falta	Falta	Falta	Falta	Falta
MB	Falta	Falta	Falta	Falta	Falta	Falta	Falta
B	Falta	Falta	Falta	Falta	Falta	Falta	Falta
M	Excesso	Excesso	Falta	Falta	Falta	Falta	Falta
A	Excesso	Excesso	Excesso	Falta	Excesso	Falta	Excesso
MA	Excesso	Excesso	Excesso	Falta	Excesso	Falta	Excesso
EA	Excesso	Excesso	Excesso	Excesso	Excesso	Falta	Excesso

Fonte: Elaborado pelos autores.

7 ESTUDO DE CASO

Foram realizadas simulações em dois cenários: (1) utilizando apenas o sistema multiagentes como ferramenta no gerenciamento e (2) adicionando a percepção *fuzzy* ao agente supervisor. Para ambos os casos, são utilizados dados atmosféricos obtidos por meio da estação solarimétrica do Instituto Federal de Goiás, no câmpus Itumbiara, para servir de entrada da microrrede modelada. Os dados de radiação solar, velocidade do vento e temperatura utilizados são apresentados na Figura 9, datados do dia 29 de junho de 2022. Para os dados de velocidade do vento, é utilizada uma média mensal.

A simulação foi realizada considerando 1440 pontos ao longo do dia, ou seja, a cada minuto do dia o gerenciamento foi realizado para cada simulação. A variável temperatura ambiente é utilizada pelo agente gerador fotovoltaico para calcular a potência gerada pelos módulos fotovoltaicos.

QUADRO 2

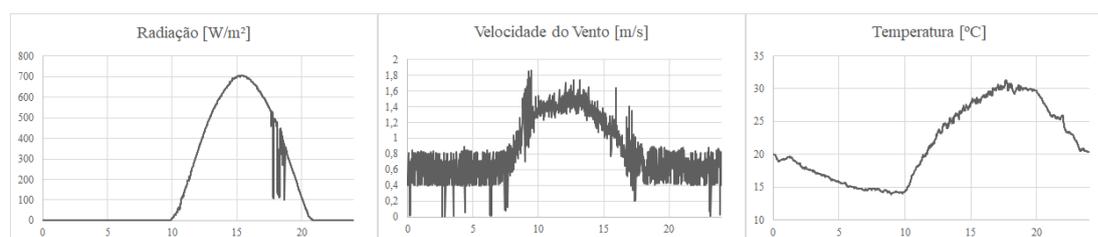
Regras *fuzzy* para o Controlador 2 – Caso Excesso

SOC/Cargas	EB	MB	B	M	A	MA	EA
EB	Baterias						
MB	Baterias						
B	Baterias						
M	Cargas	Cargas	Baterias	Baterias	Baterias	Baterias	Baterias
A	Cargas	Cargas	Cargas	Baterias	Baterias	Baterias	Baterias
MA	Cargas	Cargas	Cargas	Cargas	Cargas	Baterias	Baterias
EA	Cargas						

Fonte: Elaborado pelos autores.

FIGURA 9

Radiação Solar, Velocidade do Vento e Temperatura ao longo do dia 29 de junho de 2022



Fonte: Elaborada pelos autores.

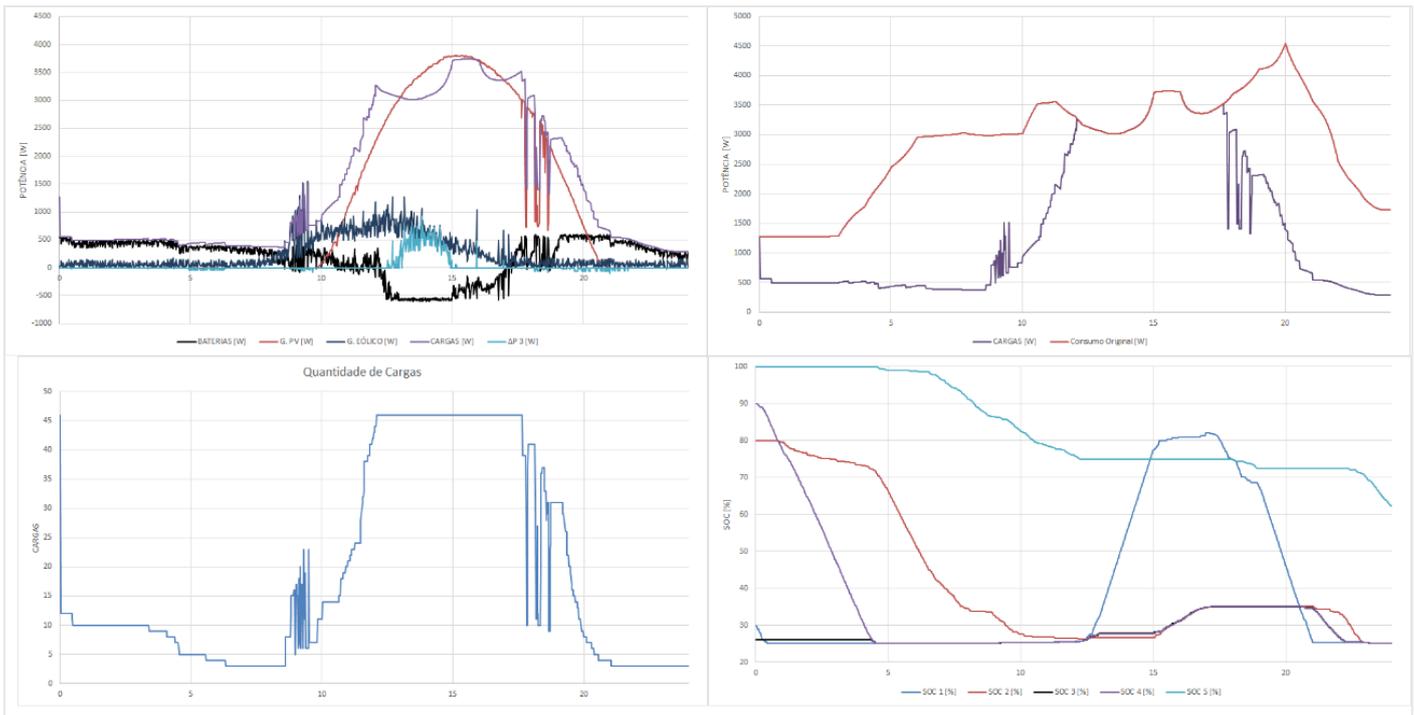
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a primeira simulação, utilizando apenas o sistema multiagentes, a Figura 10 apresenta quatro gráficos referentes ao gerenciamento. O primeiro gráfico mostra o balanço energético utilizando baterias, geração renovável e cargas, assim como mostra o resultado final deste balanço que foi realizado pelo agente supervisor. O segundo e terceiro gráficos referem-se ao gerenciamento de cargas feito pelo agente cargas, demonstrando que apenas durante o período de maior geração renovável que as cargas podem operar todas ao mesmo tempo.

O último gráfico mostra a mudança no estado de carga das baterias, demonstrando o gerenciamento realizado pelo agente baterias, que em cada instante escolheu uma bateria para ser carregada ou descarregada.

FIGURA 10

Resultados do gerenciamento considerando apenas o sistema multiagentes



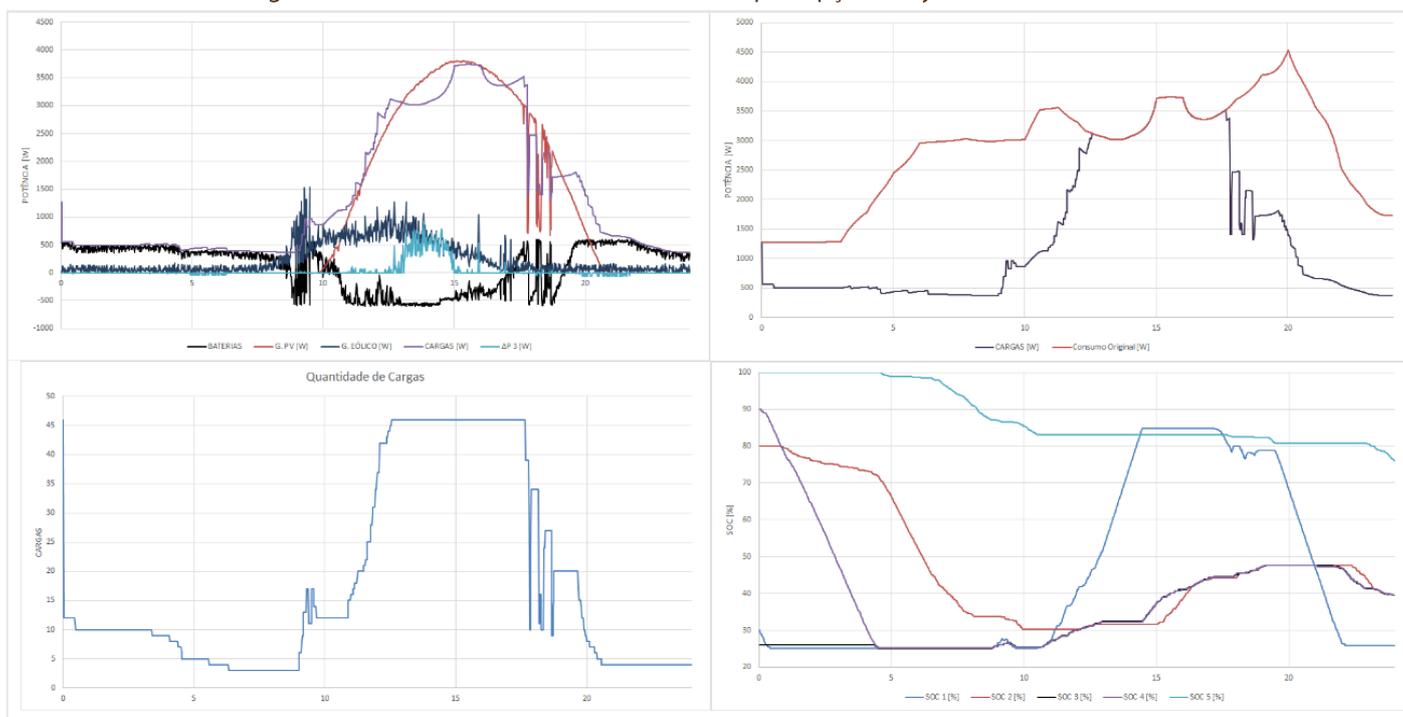
Fonte: Elaborada pelos autores.

Para a segunda simulação, com os mesmos dados de entrada, no entanto, agora com a percepção *fuzzy*, a Figura 11 apresenta os resultados do gerenciamento, seguindo a mesma ordem da figura anterior. Nota-se que neste caso o gerenciamento do agente supervisor se dá de forma muito semelhante ao anterior, analisando o primeiro gráfico. Já no segundo gráfico é possível notar algumas sutis diferenças no gerenciamento realizado pelo agente cargas. No terceiro gráfico, nota-se

que o gerenciamento de cargas acaba sendo realizado com menos oscilações, permitindo que as cargas continuem conectadas ao sistema por mais tempo.

FIGURA 11

Resultados do gerenciamento considerando a inclusão da percepção *fuzzy*



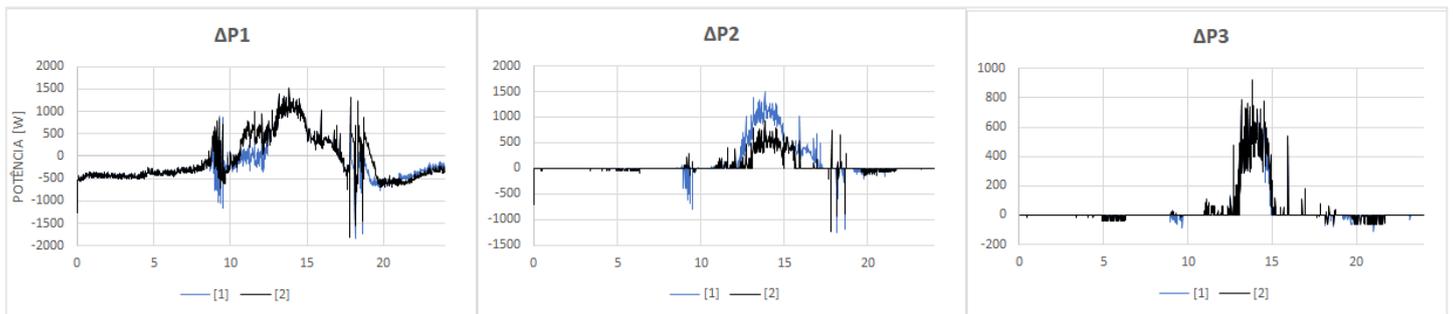
Fonte: Elaborada pelos autores.

A maior diferença da aplicação da percepção *fuzzy* ao agente supervisor se reflete no gerenciamento realizado pelo agente baterias, que ao final do dia consegue manter o estado de cargas das baterias em um nível maior considerado o gerenciamento realizado apenas com sistemas multiagentes. Isto é benéfico, ao permitir que o sistema continue operando durante a noite seguinte sem precisar utilizar energia da concessionária, caso operando no modo conectado.

Quanto ao balanço energético, pela Figura 12 pode se verificar os três estágios do balanço energético em cada simulação. Verifica-se que o primeiro balanço energético realizado pelo agente supervisor é basicamente o mesmo no início do dia, o que significa que o agente com percepção *fuzzy* começou tomando as mesmas decisões binárias vistas na primeira simulação. O segundo já possui diferenças notáveis, no entanto, como pode ser visto na comparação entre os balanços finais de cada simulação, ambas metodologias resultaram num balanço energético praticamente idêntico. De tal forma, a diferença se dá pelo melhor gerenciamento das baterias, que ao final do dia, possuem maior estado de carga na segunda simulação.

FIGURA 12

Comparação entre os balanços energéticos ao longo do dia realizados nas duas simulações



Fonte: Elaborada pelos autores.

9 CONCLUSÕES

As microrredes são sistemas que estão em ascensão, sendo o futuro da geração distribuída. Logo, aprimorar as técnicas de seu gerenciamento se faz necessário, por meio de aplicações de inteligência artificial. A combinação dessas técnicas se mostra um caminho promissor, ao permitir a junção dos benefícios de cada uma.

Neste trabalho, foi implementado o gerenciamento de uma microrrede de forma a garantir a eficiência energética, utilizando sistemas multiagentes com percepção *fuzzy*. A combinação destas técnicas permitiu um gerenciamento mais eficaz comparado à utilização de apenas sistemas multiagentes. O balanço energético ao longo do dia foi o mesmo, no entanto, o sistema com percepção *fuzzy* foi capaz de gerenciar melhor o uso das baterias, permitindo que permaneçam em um bom nível de carga para serem utilizadas posteriormente.

Apesar de combinar duas técnicas de inteligência artificial num sistema híbrido inteligente para realizar o gerenciamento da microrrede, estas foram utilizadas em sua forma mais básica, logo, a adição da capacidade social ao sistema multiagentes e a utilização de mais variáveis de entrada e regras no sistema *fuzzy* permitiriam um gerenciamento mais rebuscado, expandindo as possibilidades. Assim como a inclusão de outras inteligências artificiais adicionariam novas funcionalidades ao gerenciamento, tornando-o mais próximo ainda do raciocínio humano.

OS AUTORES

Marcelo Escobar de Oliveira

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Itumbiara/ Departamento de Áreas Acadêmicas

marcelo.oliveira@ifg.edu.br

Ghunter Paulo Viajante

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Itumbiara/ Departamento de Áreas Acadêmicas
ghunter.viajante@ifg.edu.br

Renan Moreira Soares

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Itumbiara/Bacharelado em Engenharia Elétrica – PIBITI
renan.moreira@estudantes.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lucas F. A. *Gerenciamento de fluxo de potência em microrredes com abordagens heurística e evolucionária para comercialização de energia elétrica*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

BELLIDO, Marlon M. H. *Microrredes elétricas: uma proposta de implementação no Brasil*. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

BRASIL. Lei n. 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Brasília, 2022. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>. Acesso em: 4 jan. 2022.

CANEPELE, Fernando D. L. *Desenvolvimento de um modelo fuzzy para otimização de energia gerada por um sistema híbrido (solar-fotovoltaico e eólico)*. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Câmpus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2007.

DIMEAS, Aris et al. *Microgrids Control Issues*. In: HATZIARGYRIOU, Nikos. *Microgrids Architectures and Control*. Athens: John Wiley & Sons, 2014. cap. 2, p. 25-80.

FARIA, Iago D. M. *A supervisão de uma microrrede baseada em um sistema multiagente*. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

GABRIEL FILHO, Luís Roberto A. *Análise e modelagem geométrica da potência gerada por um sistema híbrido solar fotovoltaico eólico*. Tese (Doutorado em Agronomia) – Câmpus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2007.

FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents). *Standard Status Specifications*. Alameda, CA: FIPA, 2003. Disponível em: <http://fipa.org/repository/standardspecs.html>. Acesso em: 4 jan. 2022.

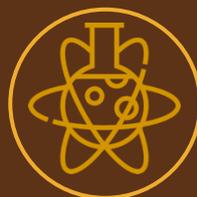
GIL, Santiago; SALAZAR, Oscar M.; OVALLE, Demetrio A. *A fuzzy-based multi-agent model to control the micro-grid operation based on energy market dynamics*. In: BAJO, J. et al. *Highlights of Practical Applications of Agents, Multi-Agent Systems, and Complexity*. The PAAMS Collection. Cham: Springer, 2018. p. 299-311.

KABALCI, Ersan. *Hierarchical Control in Microgrid*. In: TABATABAEI, Naser M.; KABALCI, Ersan; BIZON, Nicu. *Microgrid, Architectures, Control and Protection Methods*. Cham: Springer, 2020. p. 381-401.

KARAARSLAN, Ahmet; SEKER, M. Emrah. *Distributed Control of Microgrids*. In: MAHDAVI, T. Naser; KABALCI, Ersan; BIZON, Nicu. *Microgrids Architectures, Control and Protection Methods*. Cham: Springer, 2020. p. 403-422.

- MELO, Lucas S. et al. Python-based multi-agent platform for application on power grids. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, v. 29, n. 6, e12012., 2019.
- NETTO, Roberto S. *Framework em tempo real para sistema de gerenciamento de energia de uma smart microgrid utilizando sistema multiagente*. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2018.
- NETTO, Roberto S. et al. Sistema multi-agentes como plataforma de monitoramento de qualidade de energia elétrica em uma microgrid. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA, 11., 2015, Campina Grande. [Anais...]. Itajubá: Sociedade Brasileira de Qualidade da Energia Elétrica, 2015.
- OSÓRIO, Fernando S.; VIEIRA, Renata. Sistemas Híbridos Inteligentes. In: CONGRESSO DA SBC, 19.; ENCONTRO NACIONAL DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL – ENIA'99, 1999, Rio de Janeiro. [Arquivos] [...]. Rio de Janeiro, 1999. p.1-59. Disponível em: <http://osorio.wait4.org/oldsite/enia99/enia99.pdf> Acesso em: 4 jan. 2022.
- REIS, Luiz Octávio D. *Lógica fuzzy aplicada ao controle de um sistema híbrido de geração de energia elétrica: eólica, fotovoltaica e biogás*. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Guaratinguetá, 2002.
- ROMA, João Vitor M. et al. Gerenciamento de demanda em redes elétricas inteligentes usando sistemas multiagentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE, 14., 2019, Ouro Preto. *Anais eletrônicos...* Campinas: Galoá, 2019. v. 1, p. 31-36.
- RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. *Inteligência artificial*. 3. ed. Rio de Janeiro: Câmpus, 2013.
- SANTOS, Thays A. D. A. *Determinação de perfil de curva de carga residencial baseado num sistema-fuzzy*. Tese (Doutorado em Energia Elétrica) – Câmpus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2016.
- SCHWAEGERL, Christine; TAO, Liang. The Microgrids Concept. In: HATZIARGYRIOU, Nikos. *Microgrids Architectures and Control*. Athens: John Wiley & Sons, 2014. cap. 1, p. 1-24.
- SERRAJI, Maria; BOUMHIDI, Jaouad; NFAOUI, El Habib. MAS energy managment of a microgrid based on fuzzy logic control. *2015 Intelligent Systems and Computer Vision*, p.1-7, 2015.
- SHAW, Ian S.; SIMÕES, Marcelo G. *Controle e modelagem fuzzy*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2001.
- SOARES, Renan M.; OLIVEIRA, Marcelo E. Microrredes: o conceito através da história, incentivos e o mercado brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS, 9., 2022, Santa Maria/RS. *Anais...* Campinas: Sociedade Brasileira de Automática, 2022.
- SOUZA, Bruna P. D. *Gerenciamento de energia através da lógica fuzzy em um sistema híbrido isolado de geração de energia*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Câmpus Florianópolis, Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- ZHAO, Bo et al. Operation Optimization of Standalone Microgrids Considering Lifetime Characteristics of Battery Energy Storage System. *IEEE transactions on sustainable energy*, v. 4, n. 4, p. 934-943, 2013.

CIÊNCIAS DA VIDA



MicroRNAs e diabetes: uma revisão com ênfase na sinalização molecular da resistência à insulina

6

Thais Amaral e Sousa
Giovana Gelape Faleiro

Resumo

O diabetes mellitus do tipo 2 (DM2) é geralmente caracterizado por um quadro de resistência à insulina em que a capacidade de absorção periférica deste hormônio fica comprometida. Embora o número de pesquisas nessa área tenha crescido exponencialmente, o mecanismo molecular responsável pela instalação dessa patologia ainda não foi completamente esclarecido. Existem diversos trabalhos científicos associando os miRNAs aos processos bioquímicos relacionados ao diabetes, entretanto com informações fragmentadas e isoladas. Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica trazendo a síntese integrada dos dados publicados sobre a ação de miRNAs na sinalização molecular do Diabetes mellitus do Tipo II, especialmente na resistência à insulina. Os microRNAs (miRNAs) são pequenos RNAs endógenos

não codificantes que controlam a expressão gênica através da ligação em sítios específicos da região 3' não traduzidas de RNAs mensageiros, causando repressão da tradução ou degradação de RNAs mensageiros, o que pode regular processos de crescimento e diferenciação, bem como processos metabólicos. Conclui-se que diversos miRNAs, como miR-375 e membros da família miR-29, podem contribuir para o estabelecimento do diabetes através da regulação da produção e da secreção de insulina pelas células β pancreáticas, bem como pela inibição da expressão de enzimas envolvidas nas vias moleculares de sinalização de resposta celular à insulina como IRS-1, PI3K, AKT e GLUT4.

Palavras-chave: Diabetes tipo II. Resistência à insulina. MicroRNA.

1 INTRODUÇÃO

O diabetes é uma patologia muito presente nos dias de hoje com aproximadamente 463 milhões de adultos com esta doença no mundo. Existem perspectivas que o diabetes pode se tornar cada vez mais comum. De acordo com a Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia, é previsto que o número total de pessoas com diabetes em 2030 aumente para 578 milhões e em 2045 para 700 milhões. Além disso, o diabetes está entre as 10 principais causas de letalidade do país tendo causado 4,2 milhões mortes em 2019 (SBEM, 2021).

Essa patologia impacta a vida de milhões de pessoas e tem ligações perigosas com várias outras complicações que podem ser ocasionadas decorrentes dela. Órgãos vitais, como o cérebro e o coração, podem ter o funcionamento comprometido por conta do diabetes. Pode ocasionar também infecções nos pés, levando a possíveis amputações, doenças no foro dentário, lentidão da cicatrização, alterações metabólicas, lesões renais, neurológicas e oculares, sendo uma das principais causas de cegueira, entre outros (SCHEFFEL *et al.*, 2004; SANTOS *et al.*, 2008).

Existem tratamentos disponíveis que permitem o manejo da doença, todavia, em longo prazo, complicações micro e macrovasculares graves se desenvolvem em muitos pacientes, diminuindo a qualidade e a expectativa de vida deles (REGAZZI, 2018). Portanto, é urgente a necessidade de melhores ferramentas terapêuticas para prevenir e tratar o diabetes e suas complicações.

Os microRNAs (miRNAs) são moléculas que atuam como silenciadores pós-transcricionais na regulação da expressão gênica. Eles se ligam em sítios específicos da região 3'-não traduzidas (3'-UTR) do RNA mensageiro dos genes alvos, causando repressão da tradução ou degradação de RNAs mensageiros (BUSHATI; COHEN, 2007; MOHR; MOTT, 2015).

Existem diversos trabalhos que associam os miRNAs aos processos bioquímicos relacionados ao diabetes (HATHAWAY *et al.*, 2017; VASU *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2019; XU *et al.*, 2020). Sabe-se que o diabetes leva a mudanças no perfil de expressão de muitos miRNAs em diferentes tecidos como retina, músculo, fígado, pâncreas, coração e rim. Porém, a função destes miRNAs no diabetes é complexa, podendo ser a causa de um estado inicial ou mesmo consequência de um estado crônico do diabetes (TANG; TANG; ÖZCAN, 2008).

Importantes avanços foram feitos acerca da manipulação dos miRNAs na medicina. Diversos estudos apontam que, corrigir o nível de miRNAs específicos podem prevenir ou tratar o diabetes e suas complicações, tornando os miRNAs alvos terapêuticos atraentes (SHANTIKUMAR; CAPORALI; EMANUELI, 2012; RAFFORT *et al.*, 2015; FENG; XING; XIE, 2016; LI *et al.*, 2019; REGAZZI, 2018). Contudo, novas estratégias inovadoras serão necessárias para que miRNAs possam integrar o arsenal para o tratamento de pacientes diabéticos, assim como avanços na identificação de assinaturas de biomarcadores seletivos.

Apesar do rápido progresso e da riqueza de informações, o estudo dos mecanismos de regulação gênica através de miRNAs na resistência à insulina sugere a existência de diferentes mecanismos de ação e que, em alguns casos, poderiam ocorrer simultaneamente.

Apesar da evidente importância de estudar a função de miRNAs nos mecanismos moleculares da resistência à insulina no DM tipo 2, e do rápido progresso e da riqueza de informações, ainda é ineficiente a sistematização e integração dessas informações, e especialmente escassas as publica-

ções em língua portuguesa. Em virtude desses fatores, é pertinente a realização de um estudo bibliográfico que possa trazer a síntese da função de miRNAs na resistência à insulina característica do diabetes do tipo 2.

2 METODOLOGIA

A revisão bibliográfica foi realizada buscando-se integrar as informações publicadas sobre os diversos miRNAs associados ao quadro de resistência à insulina no Diabetes *mellitus* tipo 2. Para tanto, foi realizado um levantamento dos artigos existentes sobre esta temática nas bases eletrônicas PUBMED e SCIELO (Scientific Electronic Library On-line).

As buscas nestes bancos de dados foram realizadas usando-se a combinação da palavra “microRNA” com expressões como “Diabetes”, “Diabetes do Tipo 2”, “Resistência à insulina” com filtros limitando a busca à artigos que apresentem as referidas expressões no título e no resumo.

Inicialmente foi realizada uma fundamentação teórica trazendo informações básicas sobre miRNAs e o mecanismo de ação dessas moléculas; o quadro de resistência à insulina e as vias de sinalização envolvidas, bem como a patologia do diabetes para fomentar a compreensão das implicações dos dados obtidos.

Foram selecionados os artigos experimentais que relatavam alterações de expressão, mRNAs alvos validados e função de miRNAs específicos observados em modelos de resistência à insulina e diabetes do tipo 2.

A análise das informações obtidas foi realizada comparando as descrições de diferentes autores sobre a atuação de cada miRNA e suas possíveis conexões integrando as informações para a compreensão da atuação global dos miRNAs no quadro de resistência à insulina.

3 DIABETES

O Diabetes Mellitus é um dos casos de emergência de saúde mundial no século 21. Acredita-se que a patogenia está entre as 10 principais causas de mortes no mundo (IBRAHIM *et al.*, 2021).

De acordo com pesquisas publicadas pela International Diabetes Federation, aproximadamente 537 milhões de pessoas entre 18 e 99 anos são portadoras dessa doença crônica não transmissível (DCNT). Entre elas, 12,5 milhões são brasileiros, tornando o Brasil o quarto no ranking mundial entre os países de maior incidência de Diabetes Mellitus (DM). Dados apontam que houve um aumento de 86 milhões de portadores se comparado com 2017 e esse número

tende a aumentar. Teme-se que em 2045 o mundo alcance 783 milhões de pessoas com a síndrome (IBRAHIM *et al.*, 2021).

O diabetes *mellitus* impacta a vida de milhões de pessoas e tem ligações perigosas com várias outras complicações que podem ser ocasionadas decorrentes dela. Órgãos vitais, como o cérebro e o coração, podem ter o funcionamento comprometido por conta do diabetes, fazendo com que, pessoas que tenham a doença possam ter duas vezes mais chances de terem um derrame e um ataque cardíaco se comparado com pessoas que não possuem a disfunção (SCHEFFEL *et al.*, 2004; SANTOS *et al.*, 2008).

Além dessas complicações, o diabetes também pode ocasionar infecções nos pés, levando a possíveis amputações, doenças no foro dentário, lentidão da cicatrização, alterações metabólicas, lesões renais, neurológicas e oculares, sendo uma das principais causas de cegueira, entre outros (SCHEFFEL *et al.*, 2004; SANTOS *et al.*, 2008).

O Diabetes Mellitus (DM) ocorre quando os níveis de açúcar do sangue estão muito elevados, ou pela produção de pouca ou nenhuma insulina, hormônio processado pelo pâncreas que controla a glicemia transformando açúcar em energia, ou então, quando o corpo não consegue usar apropriadamente a quantidade de insulina produzida (ARSA *et al.*, 2009).

Existem várias causas da mesma doença, por isso o diabetes é classificado em diversos tipos diferentes, como o diabetes *mellitus* tipo 1 (DM1), diabetes *mellitus* tipo 2 (DM2), diabetes gestacional, pré-diabetes, além do diabetes tipo MODY e o diabetes tipo LADA, ocasionadas por alterações em um único gene ou anormalidades cromossômicas (NAYLOR *et al.*, 2020).

O diabetes *mellitus* tipo 1 e tipo 2 são os mais comuns. O DM1 é causado pela destruição das células β -pancreáticas, acarretando um processo de produção de pouca ou nenhuma insulina, sendo mais comum em crianças e jovens (ATKINSON; EISENBARTH; MICHELS, 2014).

O diabetes *mellitus* tipo 2 (DM2) é o mais comum entre a população mundial, chegando aos 90% dos casos de diabetes (IBRAHIM *et al.*, 2021). A hiperglicemia nesse caso é acarretada por um processo de resistência à insulina nas células do corpo. Embora as ilhotas de *Langerhans* estejam intactas, as secreções de insulina e a capacidade de absorção periférica deste hormônio ficam comprometidas. Os receptores de insulina também estão reduzidos em número (REITER *et al.*, 2006).

O DM do tipo 2 (DM2) geralmente aparece de forma insidiosa após os 30 anos de idade. As causas precisas da patologia não foram ainda completamente elucidadas, mas sabe-se que o estabelecimento da patologia tem forte ligação com obesidade e síndromes metabólicas, consequências de estilos de vida, envelhecimento, etnia e históricos familiares (CHATTERJEE; KHUNTI; DAVIES, 2017).

Os tratamentos recomendados são prática de atividade física, dietas equilibradas e suspensão de tabagismo. Em alguns casos, a melhora de hábitos não é suficiente para manter uma boa quali-

dade de vida dos pacientes, por isso existem medicamentos de controle glicêmicos, insulinas injetáveis e demais terapias que emergem a cada dia com o objetivo de contornar a resistência à insulina gerada pelo organismo (TAN *et al.*, 2019). Dessa forma, a maioria dos pacientes com DM2 são controlados com hipoglicemiantes orais e dieta. Estes pacientes, frequentemente obesos, costumam melhorar com a perda de peso (CORRÊA; EAGLE, 2005).

4 RESISTÊNCIA À INSULINA

A insulina é um hormônio peptídico que participa ativamente do metabolismo da glicose. Os tecidos-alvo (insulino-dependentes) como fígado, músculos e tecido adiposo, em um organismo normal, com uma dieta balanceada, devem responder aos efeitos fisiológicos da insulina (YARIBEYGI *et al.*, 2019). Quando, por alguma razão, as células do corpo não consigam responder efetivamente a insulina, temos um quadro caracterizado como resistência à insulina (NOLAN; PRENTKI, 2019).

Desse modo, uma das principais causas da resistência à insulina é a alimentação inadequada. Ao se alimentar excessivamente com alimentos sem qualidade nutricional, como gordura saturada, gordura *trans*, frutose e carboidratos saturados, o desenvolvimento da síndrome se torna provável (DURHAM, 2016).

Além dessa causa, estudos apontam que a resistência ao hormônio da insulina pode estar relacionada com a hereditariedade, ou seja, existe uma pré-disposição genética por histórico familiar. Outra causa, bastante direcionada é a obesidade, uma das principais causas de disfunções metabólicas que incluem câncer, doenças cardiovasculares e o diabetes *mellitus* tipo 2 (TONG *et al.*, 2021). A inflamação crônica que o tecido adiposo sofre por consequência da obesidade faz parte das causas da resistência à insulina (SOEDONO; CHO, 2021), isso por causa da liberação de lipídeos e fatores circulantes que são responsáveis por desenvolverem resistência à insulina em outros órgãos (JAMES; STÖCKLI; BIRNBAUM, 2021).

É importante ressaltar que, quadros de obesidade podem induzir o desenvolvimento de resistência à insulina e o mesmo é possível que aconteça ao contrário, ou seja, o paciente que apresenta resistência ao hormônio pode gerar um quadro diabético ou uma síndrome metabólica (GASMI *et al.*, 2021).

A síndrome metabólica não é considerada uma doença em si, mas sim uma coexistência de vários fatores de risco cardiovascular, os quais incluem resistência à insulina, obesidade, dislipidemia aterogênica e hipertensão. A síndrome metabólica pode ser um ampliador de doenças inter-relacionadas como essas, que compartilham mediadores, mecanismos e vias subjacentes (HUANG, 2009).

Concluiu-se, que a obesidade e a resistência à insulina são responsáveis pela maioria dos casos da síndrome metabólica. Por isso, o tratamento inclui, mudanças no estilo de vida com prática de

exercícios físicos, dieta equilibrada visando a perda de peso, podendo ser possível também intervenções farmacológicas para tratar dislipidemia aterogênica, hipertensão e hiperglicemia (SAMSON; GARBER, 2014).

Além de diabetes, a resistência à insulina, pode ser a causa também de doença hepática gordurosa não alcoólica (DHGNA), retinopatia, doença cardiovascular, nefropatia, e pode estando associada com o diabetes tipo 2 pode apresentar doença de Alzheimer, doença policística síndrome ovariana, gota e artrite reumatoide (ROHM *et al.*, 2022).

Por isso, há um empenho em encontrar tratamentos. Recentemente, surgiram evidências de que a resistência à insulina é um distúrbio heterogêneo que surge de forma variável em uma variedade de tecidos metabólicos e uma via única de resistência à insulina que envolve o mecanismo que é responsável por afetar uma etapa distal na ação da insulina. Acredita-se, que essa via é ligada à resposta biológica terminal. A identificação desses alvos poderá revelar novos alvos para tratamentos de doenças associadas à resistência (JAMES; STÖCKLI; BIRNBAUM, 2021).

5 VIAS DE SINALIZAÇÃO MOLECULAR DA RESISTÊNCIA À INSULINA

O transporte da glicose para dentro da célula ocorre após uma série de eventos que se iniciam com a ligação da insulina na célula por um receptor de membrana tirosina quinase (RTK). Esse receptor é uma glicoproteína formada por duas subunidades diferentes (alfa, externa à célula e β que se comporta como proteína transmembrana), que são ligadas por pontes dissulfeto. A ligação do hormônio na subunidade alfa, leva à autofosforilação da subunidade β do receptor, que por sua vez, leva à fosforilação de outras proteínas-alvo iniciando uma resposta de insulina (JAMES; STÖCKLI; BIRNBAUM, 2021).

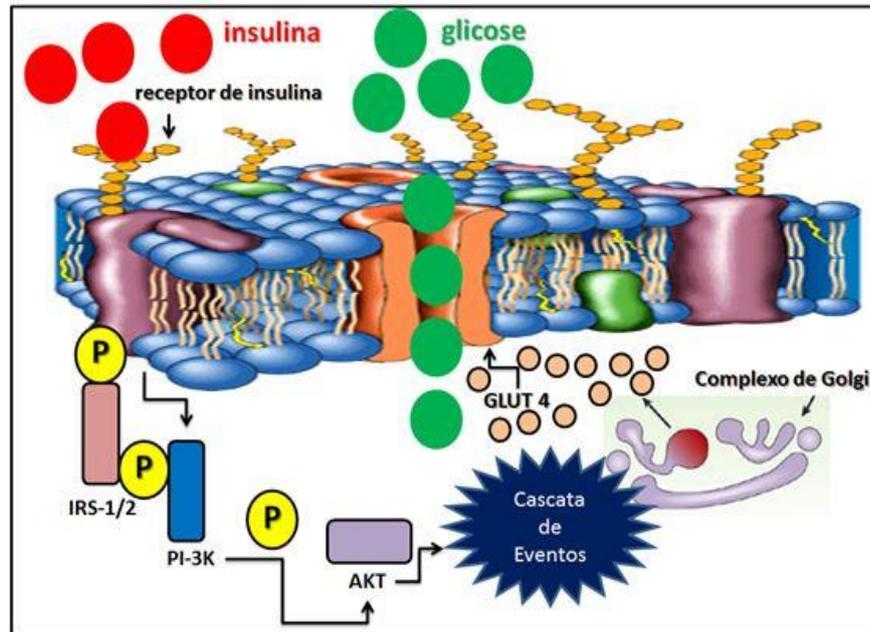
Dentre essas proteínas-alvo está o substrato do receptor de insulina (IRS-1), que uma vez fosforilado leva à ativação da proteína quinase *mitogen activated protein kinase* (MAPK), gerando um sinal de crescimento celular. A fosforilação da IRS-1 pelo receptor de insulina leva também à ativação da proteína fosfatidilinositol-3-quinase (PI3K) que, por sua vez, fosforila um fosfolípido de membrana que se transforma de Fosfatidilinositol-4,5-bisfosfato (PIP-2) para Inositol trifosfato (PIP3) (JAMES; STÖCKLI; BIRNBAUM, 2021).

Por conta dessa reação em cascata há a ativação da proteína quinase B (AKT), que é fundamental para diversos processos como ativação da expressão gênica (formação e síntese de enzimas relacionadas a síntese de moléculas), e a translocação do transportador de glicose insulino-sensível (GLUT-4). A síntese do GLUT-4, estimula a formação e a exportação da vesícula. Portanto, a insulina se liga ao receptor de membrana e toda a via de sinalização acontece para que o transportador seja

expresso na membrana (Figura 1), permitindo que a glicose entre na célula gerando uma ação hipoglicemiante (GALICIA-GARCIA *et al.*, 2020).

FIGURA 1

Vias de sinalização da resposta à insulina.



Fonte: Antunes Neto e Nader (2012).

Qualquer evento que leve a alterações consistentes nesse processo poderá impedir que a célula responda adequadamente ao hormônio (apesar da ligação da insulina aos receptores) podendo levar a um quadro de resistência à insulina. A falta de resposta pode ocorrer devido a alterações em qualquer um dos receptores, substratos, proteínas ou transportadores envolvidos. É muito comum, por exemplo, encontrar a resistência à insulina causada por problemas de respostas no primeiro substrato IRS-1. Por ser o primeiro ligante que inicia o processo de resposta, uma falha nesse substrato faz com que todo o resto fique exposto a resposta inadequada (LEE; PARK; CHOI, 2021).

A resistência à insulina pode acontecer em um grau de maior ou menor intensidade, dependendo do ponto na via onde a falha está localizada. Além de problemas no primeiro substrato que causa uma reação em cadeia, alterações nas proteínas Akt ou mTOR (mechanistic target of rapamycin) podem também gerar uma deficiência na síntese do transportador da glicose. Outro exemplo de alteração é a AS160 que causa complicações na mobilização desses transportadores de glicose para a membrana celular (TELLO-FLORES *et al.*, 2021).

Estudos recentes apontaram que, além de ácidos graxos livres, aminoácidos, miocinas, adipocinas, hepatocinas, os microRNAs também podem alterar a interação entre fígado, músculo esquelético e tecido adiposo no desenvolvimento da resistência à insulina (MASTROTOTARO; RODEN, 2021).

6 MICRORNAS

Os microRNAs (miRNAs) são pequenos RNAs endógenos não-codificantes que controlam a expressão gênica ligando-se a sítios específicos na região 3' não traduzida do RNA mensageiro (mRNA). Essa ligação induz um silenciamento pós-transcricional sequência-específico de mRNAs alvos, fazendo com que os miRNAs sejam capazes de regular diversos processos celulares como crescimento celular, diferenciação, desenvolvimento, metabólicos e de apoptose (revisado por SALIMINE-JAD *et al.*, 2019).

Os miRNAs têm seu mecanismo de ação por interferências na condensação da cromatina, na transcrição, no processamento e estabilidade do RNA e, ainda, na tradução. Quando o pareamento entre um miRNA e seu mRNA-alvo é minuciosamente específico (pareamento perfeito) o mecanismo de silenciamento tende a ser através de degradação do RNA mensageiro. Por outro lado, se o pareamento do miRNA com o mRNA alvo apresentar algumas bases despareadas (pareamento imperfeito), a inibição da tradução é o mecanismo de silenciamento induzido (LU; ROTHENBERG, 2018).

A possibilidade de regulação com algumas bases não pareadas no anelamento permite a regulação de várias sequências possíveis. Esse despareamento, entretanto, não pode envolver qualquer região da sequência do miRNA, existe uma região dessas sequências de bases cujo pareamento é crucial para que ocorra a regulação. Essa sequência é denominada *seed*, e abrange os nucleotídeos de 2 ao 8 do miRNA e deve estar perfeitamente pareada (LU; ROTHENBERG, 2018).

Dessa forma, cada miRNA pode ter centenas ou milhares de alvos e um mRNA pode ser inibido por diferentes miRNAs, porém essa regulação, apesar de ser ampla, é específica e acontece em alvos que tenham uma sequência característica. Um miRNA é capaz de regular vários genes através de um pareamento apenas imperfeito gerando repressão da tradução (LU; ROTHENBERG, 2018).

Os genes de miRNAs podem ser localizados nas regiões entre os genes codificadores de proteínas (regiões intergênicas), em íntrons de genes codificadores para proteína ou de genes não-codificadores e podem ainda estar presentes em éxons de genes não-codificadores. Esses genes são transcritos em um RNA denominado pri-miRNA, que apresenta CAP-5', cauda de poli-A em uma estrutura de dupla hélice do tipo "hairpin" (~70 nucleotídeos), sendo processados no núcleo por uma ribonuclease do tipo III denominada Drosha. O produto do processamento da

Drosha é denominado de precursor do miRNA (pré-miRNA), o qual migra para o citoplasma e pela ação de outra ribonuclease tipo III, denominada Dicer, dará origem ao duplex de miRNA contendo 21-22 nucleotídeos (LEE *et al.*, 2003).

O miRNA maduro de fita simples é incorporado a um complexo proteico denominado RISC (*RNA-induced silencing complex*), responsável pela efetivação da regulação negativa da expressão de genes por dois principais mecanismos: clivagem do RNAm ou repressão traducional. Uma vez incorporado no RISC citoplasmático, o miRNA especificará a clivagem do RNAm quando ocorrer complementaridade com o RNAm alvo ou repressão da tradução no caso de apresentar complementaridade parcial com o RNAm alvo (SALIMINEJAD *et al.*, 2019).

Desde a descoberta do primeiro miRNAs em 1993, inúmeras pesquisas foram realizadas e os avanços nos estudos acerca da temática concluíram que os microRNAs podem ser biomarcadores confiáveis e novos alvos terapêuticos eficientes para muitas doenças. Acredita-se que os miRNAs estão presentes desde o desenvolvimento embrionário até o aparecimento de processos patológicos hereditários, metabólicos, infecciosos e neoplásicos. Entre esses processos encontramos a resistência à insulina, característica do diabetes tipo 2 (BHASKARAN; MOHAN, 2014).

7 MICRORNAS ENVOLVIDOS NA RESISTÊNCIA À INSULINA

Um grande número de miRNAs envolvidos em processos metabólicos de resistência à insulina foram detectados no decorrer dos anos em diversos estudos buscando alternativas terapêuticas voltadas para o diabetes *mellitus* tipo 2.

O *miR-375* é especificamente expresso em células de ilhotas de Langerhans no pâncreas. Estudos em camundongos *knockout* para *miR-375* mostraram diminuição da homeostase da glicose e resistência à insulina (KUMAR *et al.*, 2021). Outros estudos também apontam a relação desse miRNA com papel na homeostase glicêmica e significativa associação com o *miR-191* e o *miR-30d* estimulando a secreção de insulina na ilhota pancreática (ZHANG *et al.*, 2014; IACOMINO *et al.*, 2021).

Existe forte relação entre o excesso de gordura visceral e intra-hepática com o desenvolvimento da resistência à insulina, um estudo recente mostrou redução de níveis de tecidos adiposos viscerais, subcutâneos e gordura intra-hepática com o aumento de *miR-375-3p* circulantes em pacientes pré-diabéticos (HEIANZA *et al.*, 2022).

O *miR-375* atua na regulação dos genes *Mtpn* (Miotrofina) e *Pdk1* (Proteína quinase- 1 dependente de fosfoinosítídeo) alterando a secreção de insulina induzida pela presença de glicose e o de-

envolvimento das células β pancreáticas através da regulação da expressão dos genes *Mtpn* (Miotrofina) e *Pdk1* (Proteína quinase-1 dependente de fosfoinosítideo). Ele desempenha um papel na rede reguladora do desenvolvimento pancreático, regulando genes relacionados ao desenvolvimento do pâncreas, crescimento e proliferação celular e secreção de insulina. Este miRNA é necessário para a gênese pancreática normal que influencia na massa de células β e na massa de células α (POY *et al.*, 2009; PIRAN *et al.*, 2017; GARCÍA-JACOBO *et al.*, 2019).

Semelhante ao que ocorre com *miR-375*, a alteração na expressão de alguns miRNAs podem impactar positivamente ou negativamente na massa de células β pancreáticas (TUGAY, 2016). Os miRNAs *miR-146a* e *miR-34a* também apresentaram relação com a perda de massa e na funcionalidade de células β pancreáticas na patologia do diabetes (POY *et al.*, 2009; PIRAN *et al.*, 2017; GARCÍA-JACOBO *et al.*, 2019).

Em camundongos diabéticos foi observado que a alteração de expressão dos miRNAs *miR-132*, *miR-184*, *miR-338-3p*, *miR-7*, *miR-124a*, *miR-9*, *miR-96*, *miR-15a/b*, *miR-34a*, *miR-195*, *miR-376*, *miR-103* e *miR-107* e *miR-146* trouxe efeitos positivos de melhoramento da atividade e na massa das células β . Por outro lado, modificações nos níveis de *miR-34a*, *miR-146a*, *miR-199a-3p*, *miR-203*, *miR-210* e *miR-383* resultaram em aumento de apoptose de células β (NESCA *et al.*, 2013; CHAKRABORTY *et al.*, 2014).

Além da ação observada na massa das células β , a inibição da expressão de *miR-124-2p* resultou na melhora da diferenciação de hepatócitos primários de camundongo em células produtoras de insulina (IPCs). Este miRNA desempenhou um papel regulador positivo na expressão de *Foxa2*, *PDX1*, *NeuroD*, *insulina1* e *insulina2* em IPCs. Além disso, a expressão de insulina, *PDX1* e peptídeo C foi aumentada, e a eficiência de diferenciação foi maior do que no grupo controle e no grupo de superexpressão de *miR-124-3p* (PAN *et al.*, 2020).

A família de *miR-29* é extremamente relevante no estudo da patologia do diabetes. As células β pancreáticas regulam a sensibilidade à insulina e controlam a homeostase da glicose via secreção de membros da família exosomal do *miR-29*. Esses miRNAs promovem o recrutamento e ativação de monócitos e macrófagos circulantes e modulam o tônus inflamatório sistêmico e a homeostase da glicose (SUN *et al.*, 2021). Adicionalmente, foi demonstrado em camundongos transgênicos (TG) que a superexpressão de *miR-29s* nas células β pancreática inibe a supressão da produção de glicose no fígado mediada por insulina. Utilizando mutantes heterogêneos rastreáveis apresentando a superexpressão seletiva de *miR-29s* em células β , foi confirmado que os *miR-29s* exossomais, derivados de ilhotas, têm como alvo a sinalização de insulina no fígado e a sensibilidade à insulina hepática. Por fim, a interrupção *in vivo* da expressão de *miR-29s* em células β reverteu a resistência à insulina

induzida por dieta hiper lipídica e a administração intravenosa de *miR-29s* exossomais atenuou a sensibilidade à insulina (LI *et al.*, 2021).

Outros estudos foram realizados em busca de maiores evidências da relação desse miRNA com a patogênese do diabetes, e foi observado que *miR-29a* e *miR-29c* estão aumentados no músculo esquelético de pacientes com diabetes tipo 2 regulando a captação de glicose e o metabolismo da glicose estimulado por insulina. A superexpressão de *miR-29*, *miR-384-5p* e *miR-1* atenuam a sinalização de insulina pela repressão da expressão de IRS-1 e PI3K (CHAKRABORTY *et al.*, 2014).

Estudos realizados em miócitos L6-GLUT4myc determinaram que *miR-96* inibe a fosforilação de IRS-1 estimulada pela insulina, o que leva a um comprometimento da sinalização desta (YANG *et al.*, 2017). Os miRNAs, *miR-128a* e *miR-126* também atuam na regulação de IRS-1 (CHAKRABORTY *et al.*, 2014).

Por meio de testes em camundongos obesos, constatou-se que a tolerância à glicose e a sensibilidade à insulina foi melhorada com exossomos contendo miRNAs (exos) secretados por macrófagos derivados da medula óssea polarizados M2 (BMDMs). Verificou-se que o *miR-690* é fortemente expresso em M2 BMDM Exos e funciona como um sensibilizador de insulina *in vivo* e *in vitro*. O mRNA do gene *Nadk* (NAD⁺ quinase) alvo genuíno de *miR-690*, possui relação com a modulação da inflamação de macrófagos e na sinalização de insulina (YING *et al.*, 2021).

O *miR-143-5p* exossomal derivado de macrófagos da medula óssea induz resistência à insulina nos hepatócitos através da repressão do MKP5. Além de levar à diminuição da fosforilação de AKT (assim como *miR-145*, *miR-29*, *miR-383*, *miR-33a/b* e *miR-21*) e GSK e à síntese de glicogênio (CHAKRABORTY *et al.*, 2014). Testes em camundongos constataram que a inibição da expressão de *miR-143-3p* os protegeu contra o desenvolvimento de resistência à insulina associada à obesidade, além de validar o receptor do fator de crescimento semelhante à insulina 2 (IGF2R) como gene-alvo deste miRNA. Esse indicou o potencial do *miR-143-5p* como alvo terapêutico na resistência à insulina através do direcionamento de IGF2R e ativação da via de sinalização da insulina (XIHUA *et al.*, 2019).

Liang *et al.* (2018) apontaram os miRNAs *let-7b*, *miR-142*, *miR-144* e *miR-29a* como importantes marcadores da resposta ao estresse neuroendócrino responsável por gerar consequências imunológicas que influenciam no surgimento da obesidade e síndrome metabólica tornando o organismo suscetível a patogênese do DM2 e resistência à insulina.

A superexpressão do *miR-320* foi apontada como potencial estratégia de tratamento para complicações cardiovasculares associadas ao diabetes tipo 2 (LI *et al.*, 2019). Adicionalmente, há evidências de que o mesmo tem propriedade de controlar a lipotoxicidade, que é uma das causas recorrentes para o surgimento de síndromes metabólicas (TONG; SADOSHIMA, 2019).

O Quadro 1 mostra uma síntese dos principais miRNAs com função relatada na regulação de vias moleculares envolvidas na resistência à insulina.

QUADRO 1

Principais miRNAs associados a resistência à insulina

MicroRNAs	Mecanismo de ação	Referência
<i>miR-375</i>	Está presente nas ilhotas pancreáticas e tem papel fundamental na homeostase da glicose regulando a secreção de insulina na ilhota pancreática.	Krek et al. (2005)
<i>miR-124; let7-b</i>	Atua em conjunto com <i>miR-375</i> no controle da expressão de miotrofina.	Krek et al. (2005)
<i>miR-690</i>	Expresso em macrófagos, atua como sensibilizador de insulina <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> .	Ying et al. (2021)
<i>miR-7; miR-124a; miR-9; miR-96; miR-15a/b; miR-34a; miR-195; miR-376; miR-103; miR-107; miR-146; miR-7; miR-124a; miR-9</i>	Estão envolvidos na secreção de insulina e no desenvolvimento de células β pancreática.	Chakraborty et al. (2014)
<i>miR-320; miR-383; miR-181b</i>	Atuam na via de sinalização molecular de resposta à insulina regulando o receptor do fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF1R).	Chakraborty et al. (2014)
<i>miR-128a; miR-96; miR-126</i>	Atuam na via de sinalização molecular de resposta à insulina regulando o substrato do receptor de insulina (IRS).	Chakraborty et al. (2014)
<i>miR-29; miR-384-5p; miR-1</i>	Atuam na via de sinalização molecular de resposta à insulina regulando o fosfatidilinositol 3-quinase (PI3K).	Chakraborty et al. (2014)
<i>miR-143; miR-145; miR-29; miR-383; miR-33a/b; miR-21</i>	Atuam na via de sinalização molecular de resposta à insulina regulando a proteína quinase B (AKT).	Chakraborty et al. (2014)
<i>miR-133a/b; miR-223; miR-143</i>	Atuam na via de sinalização molecular de resposta à insulina regulando o transportador de glicose 4 (GLUT4).	Chakraborty et al. (2014)
<i>miR-142; miR-144; miR-29a</i>	Envolvidos no estresse neuroendócrino.	Liang et al. (2018)
<i>miR-124-3p</i>	Regula a expressão de Fox2a, PDX1, NeuroD, insulina1 e insulina2 em células produtoras de insulina.	Pan et al. (2020)

Fonte: Elaborado pelas autoras.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Evidências sugerem que miRNAs atuem na produção, na secreção e na ação da insulina podendo interferir na homeostase de glicose. Inicialmente, foi relatada a atuação do *miR-375* na inibição da secreção de insulina nas células β pancreáticas de camundongo (POY *et al.*, 2009) que poderia desencadear o diabetes. Os miRNAs *miR-124* e *let-7b* também contribuem para esse quadro através da regulação da expressão de miotrofina, uma proteína citoplasmática envolvida na exocitose de grânulos de insulina (KREK *et al.* 2005).

Outros miRNAs foram identificados em células β pancreáticas interferindo na gênese e massa dessas células tanto positiva quanto negativamente (POY *et al.*, 2009; CHAKRABORTY *et al.*, 2014), indicando que a quantidade de células e, conseqüentemente, a produção e a secreção de insulina são resultantes do balanço entre a expressão de diversos miRNAs. Os membros da família *miR-29*, por sua vez, são secretados pelas células β pancreáticas e atuam na regulação da sensibilidade à insulina e controle da homeostase de glicose.

Adicionalmente, vários estudos têm corroborado para a identificação de miRNAs envolvidos na regulação das vias metabólicas que contribuem para o estabelecimento da resistência à insulina e, conseqüentemente, para o diabetes. Foram identificados miRNAs envolvidos nas vias de sinalização de resposta à insulina pela regulação de proteínas como IRS-1, PI3K, AKT e GLUT4.

Conclui-se, portanto, que os miRNAs podem contribuir para o estabelecimento do diabetes pela regulação da produção e secreção de insulina pelas células β pancreáticas, bem como pela inibição da expressão de enzimas envolvidas nas vias moleculares de sinalização de resposta celular à insulina.

AS AUTORAS

Thais Amaral e Sousa

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Formosa/Departamento de Áreas Acadêmicas
thais.sousa@ifg.edu.br

Giovana Gelape Faleiro

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Formosa/Técnico Integrado em Biotecnologia – PIBIC-EM
giovana.gelape@estudantes.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

ANTUNES NETO, Joaquim Maria F.; NADER, Bruna Bergo. Síndrome metabólica e exercício físico: fatores relacionados à resistência à insulina. *EFDeportes.com*, Buenos Aires, ano 17, n. 172, 2012.

- ARSA, Gisela *et al.* Diabetes Mellitus tipo 2: Aspectos fisiológicos, genéticos e formas de exercício físico para seu controle. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, v. 11, p. 103-111, 2009.
- ATKINSON, Mark A.; EISENBARTH, George S.; MICHELS, Aaron W. Type 1 diabetes. *Lancet*, v. 4, n. 383, p. 69-82, 2014.
- BHASKARAN, Manoj; MOHAN, Mahesh. MicroRNAs: history, biogenesis, and their evolving role in animal development and disease. *Veterinary Pathology*, v. 51, n. 4, p. 759-774, 2014.
- BUSHATI, Natascha; COHEN, Stephen M. MicroRNA functions. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, v. 23, p. 175-205, 2007.
- CHAKRABORTY, Chiranjib *et al.* Influence of miRNA in insulin signaling pathway and insulin resistance: micro-molecules with a major role in type-2 diabetes. *Wiley Interdisciplinary Reviews. RNA*, v. 5, n. 5, p. 697-712, 2014.
- CHATTERJEE, Sudesna; KHUNTI, Kamlesh; DAVIES, Melanie J. Type 2 diabetes. *Lancet*, v. 389, n. 10085, p. 2239-2251, 2017.
- CORRÊA, Zélia M. S.; EAGLE, Ralph. Aspectos patológicos da retinopatia diabética. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, v. 68, n. 3, p. 410-414, 2005.
- DURHAM, Andy. E. Insulin dysregulation and obesity: you are what you eat. *Veterinary Journal*, v.213, p. 90, 2016.
- FENG, Juan; XING, Wanli; XIE, Lan. Regulatory Roles of MicroRNAs in Diabetes. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 17, p. 1729, 2016.
- GALICIA-GARCIA, Unai *et al.* Pathophysiology of Type 2 Diabetes Mellitus. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 21, n. 17, p. 6275, 2020.
- GARCÍA-JACOBO, Rocío E. *et al.* Circulating *miR-146a*, *miR-34a* and *miR-375* in type 2 diabetes patients, pre-diabetic and normal-glycaemic individuals in relation to β -cell function, insulin resistance and metabolic parameters. *Clinical and Experimental Pharmacology & Physiology*, v. 46, n. 12, p. 1092-1100, 2019.
- GASMI, Amin *et al.* Obesity and Insulin Resistance: Associations with Chronic Inflammation, Genetic and Epigenetic Factors. *Current Medicinal Chemistry*, v. 28, n. 4, p. 800-826, 2021.
- HEIANZA, Yoriko *et al.* Changes in Circulating *miR-375-3p* and Improvements in Visceral and Hepatic Fat Contents in Response to Lifestyle Interventions: The Central Trial. *Diabetes Care*, v. 45, n. 8, p. 1911-1913, 2022.
- HUANG, Paul L. A comprehensive definition for metabolic syndrome. *Disease Models & Mechanisms*, v. 2, n. 5-6, p. 231-237, 2009.
- IACOMINO, Giuseppe *et al.* Family Consortium. The association of circulating *miR-191* and *miR-375* expression levels with markers of insulin resistance in overweight children: an exploratory analysis of the I.Family Study. *Genes & Nutrition*, v. 9, n. 16, p. 10, 2021.

- IBRAHIM, Ammar *et al.* *IDF Clinical Practice Recommendation on the Diabetic Foot: a guide for health care professionals*. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation, 2021.
- JAMES, David E.; STÖCKLI, Jacqueline; BIRNBAUM, Morris J. The aetiology and molecular landscape of insulin resistance. *Molecular Cell Biology*, v. 22, n. 11, p. 751-771, 2021.
- KREK, Azra *et al.* Combinatorial microRNA target predictions. *Nature Genetics*, v. 37, n. 5, p. 495-500, 2005.
- KUMAR, Anil *et al.* *miR-375* prevents high-fat diet-induced insulin resistance and obesity by targeting the aryl hydrocarbon receptor and bacterial tryptophanase (*tnaA*) gene. *Theranostics*, v. 11, n. 9, p. 4061-4077, 2021.
- LEE, Shin-Hae; PARK, Shi-Young; CHOI, Cheol S. Insulin Resistance: From Mechanisms to Therapeutic Strategies. *Diabetes & Metabolism Journal*, v. 46, n. 1, p. 15-37, 2021.
- LEE, Yoontae *et al.* The nuclear RNase III Drosha initiates microRNA processing. *Nature*, v. 425, n. 6956, p.415-419, 2003.
- LI, Huaping *et al.* Nuclear *miR-320* Mediates Diabetes-Induced Cardiac Dysfunction by Activating Transcription of Fatty Acid Metabolic Genes to Cause Lipotoxicity in the Heart. *Circulation Research*, v. 125, n. 12, p. 1106-1120, 2019.
- LI, Jing *et al.* Pancreatic β cells control glucose homeostasis via the secretion of exosomal *miR-29* family. *Journal of Extracellular Vesicles*, v.3, p. 10, 2021.
- LIANG, Ying-Zhi *et al.* Identification of Neuroendocrine Stress Response-Related Circulating MicroRNAs as Biomarkers for Type 2 Diabetes Mellitus and Insulin Resistance. *Frontiers in Endocrinology*, v. 9, p. 132, 2018.
- LU, Thomas X.; ROTHENBERG, Marc E. MicroRNA. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, v. 141, n. 4, p. 1202-1207, 2018.
- MASTROTOTARO, Lucia; RODEN, Michael. Insulin resistance and insulin sensitizing agents. *Metabolism: Clinical and Experimental*, v. 125, p. 15489, 2021.
- MOHR, Ashley M.; MOTT, Justin L. Overview of microRNA biology. *Seminars Liver Disease*, v. 35, p. 3-11, 2015.
- NAYLOR, Rochelle N. *et al.* Diagnosis and Clinical Management of Monogenic Diabetes. South Dartmouth/MA: MDText.com, 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33180404/>. Acesso em: 6 mar. 2023.
- NESCA, Valeria *et al.* Identification of particular groups of microRNAs that positively or negatively impact on beta cell function in obese models of type 2 diabetes. *Diabetologia*, v. 56, p. 2203-22012, 2013.
- NOLAN, Christopher J.; PRENTKI, Marc. Insulin resistance and insulin hypersecretion in the metabolic syndrome and type 2 diabetes: Time for a conceptual framework shift. *Diabetes & Vascular Disease Research*, v. 16, n. 2, p. 118-127, 2019.

PAN, Gui *et al.* The key regulation of *miR-124-3p* during reprogramming of primary mouse hepatocytes into insulin-producing cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, v. 522, n. 2, p. 315-321, 2020.

PIRAN, Mehran *et al.* Insulin producing cells generation by overexpression of *miR-375* in adipose-derived mesenchymal stem cells from diabetic patients. *Biologicals*, v. 46, p. 23-28, 2017.

POY, Matthew N. *et al.* *miR-375* maintains normal pancreatic alpha- and beta-cell mass. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America U S A*, v. 106, n. 4, p. 5813-5818, 2009.

ROHM, Theresa V. *et al.* Inflammation in obesity, diabetes, and related disorders. *Immunity*, v. 55, n. 1, p. 31-55, 2022.

SALIMINEJAD, Kioomars *et al.* An overview of microRNAs: Biology, functions, therapeutics, and analysis methods. *Journal of Cellular Physiology*, v. 234, n. 5, p. 5451-5465, 2019.

SAMSON, Susan L.; GARBER, Alan J. Metabolic syndrome. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, v. 43, n. 1, p. 1-23, 2014.

SANTOS, Isabel C. R. V. *et al.* Complicações crônicas dos diabéticos tipo 2 atendidos nas Unidades de Saúde da Família, Recife, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*, v. 8, p. 427-433, 2008.

SCHEFFEL, Rafael S. *et al.* Prevalência de complicações micro e macrovasculares e de seus fatores de risco em pacientes com diabetes melito do tipo 2 em atendimento ambulatorial. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v. 50, p. 263-267, 2004.

SHANTIKUMAR, Saran; CAPORALI, Andrea; EMANUELI, Costanza. Role of microRNAs in diabetes and its cardiovascular complications. *Cardiovascular Research*, v. 93, p. 583-593, 2012.

SOEDONO, Shindy; CHO, Kae W. Adipose Tissue Dendritic Cells: Critical Regulators of Obesity-Induced Inflammation and Insulin Resistance. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, n. 16, p. 8666, 2021.

SUN, Yi *et al.* Expression of *miRNA-29* in Pancreatic β Cells Promotes Inflammation and Diabetes via TRAF3. *Cell Reports*, v. 34, n. 1, p. 108576, 2021.

TAN, Sin Y. *et al.* Type 1 and 2 diabetes mellitus: A review on current treatment approach and gene therapy as potential intervention. *Diabetes & Metabolic Syndrome*, v. 13, n. 1, p. 364-372, 2019.

TANG, Xiaoging; TANG, Guiliang; ÖZCAN, Sabire. Role of microRNAs in diabetes. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Gene Regulatory Mechanisms*, v. 1779, p. 697-701, 2008.

TELLO-FLORES, Vianet A. *et al.* Role of Long Non-Coding RNAs and the Molecular Mechanisms Involved in Insulin Resistance. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, n. 14, p. 7256, 2021.

TONG, Mingming; SADOSHIMA, Junichi. Nuclear *miR-320* Controls Lipotoxicity. *Circulation Research*, v.125, n. 12, p. 1121-1123, 2019.

TONG, Yue *et al.* Obesity and insulin resistance: pathophysiology and treatment. *Drug Discovery Today*, v. 27, n. 3, p. 822-830, 2021.

TUGAY, Ksenia *et al.* Role of microRNAs in the age-associated decline of pancreatic beta cell function in rat islets. *Diabetologia*, v. 59, n. 1, p. 161-169, 2016.

VASU, Srividya *et al.* MicroRNA Signatures as Future Biomarkers for Diagnosis of Diabetes States. *Cells*, v.28, p. 1533, 2019.

XIHUA, Lin *et al.* Circulating *miR-143-3p* inhibition protects against insulin resistance in Metabolic Syndrome via targeting of the insulin-like growth factor 2 receptor. *Translational Research – The Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, v. 205, p. 33-43, 2019.

XU, Haixia *et al.* Pancreatic β cell microRNA-26a alleviates type 2 diabetes by improving peripheral insulin sensitivity and preserving β cell function. *PLOS Biology*, v. 24, p. 18, 2020.

YANG, Won-Mo *et al.* Data on the expression and insulin-stimulated phosphorylation of IRS-1 by *miR-96* in L6-GLUT4myc myocytes. *Data in Brief*, v. 15, p. 728-732, 2017.

YARIBEYGI, Habib *et al.* Insulin resistance: Review of the underlying molecular mechanisms. *Journal of Cellular Physiology*, v. 234, n. 6, p. 8152-8161, 2019.

YING, Wei *et al.* *MiR-690*, an exosomal-derived miRNA from M2-polarized macrophages, improves insulin sensitivity in obese mice. *Cell Metabolism*, v. 33, n. 4, p. 781-790, abr. 2021.

ZHANG, Qian *et al.* *miR-375* and *miR-30d* in the effect of chromium-containing Chinese medicine moderating glucose metabolism. *Journal of Diabetes Research*, v. 2014, p. 862473, 2014.

ZHANG, Yanfen *et al.* MicroRNA single-nucleotide polymorphisms and diabetes mellitus: a comprehensive review. *Clinical Genetics*, v. 95, p. 451-461, 2019.

Estudo das células nervosas, da eletricidade atmosférica e do desfibrilador a partir dos conceitos do eletromagnetismo

7

Lucas Bernardes Borges
Geovana Borges Damaceno
Camila Nunes da Silva

Resumo

A Física é muito conhecida entre alunos e professores não pela sua importância, mas por ser considerada de difícil compreensão e por apresentar um alto índice de reprovação. Seu ensino tem sido realizado, predominantemente, por meio do método tradicional, com a exposição das leis fundamentais e suas aplicações, na maioria das vezes, associada à resolução de um número elevado de exercícios e à memorização de fórmulas, definições, leis e respostas, o que, muitas vezes, não promove um desenvolvimento intelectual satisfatório dos alunos e não os prepara para enfrentar e solucionar possíveis problemas que vivenciarão ao

longo de sua vida. Considerando essa problemática, neste trabalho buscou-se explicar, com base em uma revisão bibliográfica, as células nervosas, a eletricidade atmosférica e o desfibrilador a partir dos conceitos do eletromagnetismo, no intuito de construir um material a ser utilizado pelo professor em suas aulas. A proposta apresentada pode tornar o aprendizado dos discentes mais efetivo, tendo o potencial de despertar um maior interesse pelo estudo desses conteúdos, especialmente no que se refere aos conceitos do eletromagnetismo para o Ensino Médio.

Palavras-chave: Células Nervosas. Eletricidade Atmosférica. Desfibrilador. Física.

1 INTRODUÇÃO

A Física é muito conhecida entre alunos e professores não pela sua importância, mas por ser considerada de difícil compreensão e por apresentar um alto índice de reprovação. Seu ensino tem sido realizado, predominantemente, por meio do método tradicional, com a exposição das leis fundamentais e suas aplicações, na maioria das vezes, associada à resolução de um número elevado de exercícios.

Rosa e Rosa (2004) destacam que é comum a opinião entre alunos e professores de que a Física é considerada matéria de difícil compreensão e que muitas vezes é a disciplina em que os alunos menos gostam de estudar. Uma evidência que atesta esse fato é o excessivo número de alunos reprovados no final do ano letivo. Essa situação tem sido tema de discussões em vários eventos nacionais e internacionais.

Libâneo (2004) destaca que a importância da escola é promover um desenvolvimento intelectual dos alunos, preparando-os para enfrentar e solucionar os potenciais problemas vivenciados ao longo de suas vidas.

As crianças e jovens vão à escola para aprender cultura e internalizar os meios cognitivos de compreender e transformar o mundo. Para isso, é necessário pensar – estimular a capacidade de raciocínio e julgamento, melhorar a capacidade reflexiva e desenvolver as competências do pensar. A didática tem o compromisso com a busca da qualidade cognitiva das aprendizagens, esta, por sua vez, associada à aprendizagem do pensar. Cabe-lhe investigar como ajudar os alunos a se constituírem como sujeitos pensantes e críticos, capazes de pensar e lidar com conceitos, argumentar, resolver problemas, diante de dilemas e problemas da vida prática. A razão pedagógica está também associada, inerentemente, a um valor intrínseco, que é a formação humana, visando a ajudar os outros a se educarem, a serem pessoas dignas, justas, cultas, aptas a participar ativa e criticamente na vida social, política, profissional e cultural (LIBÂNEO, 2004, p. 5).

Fiolhais e Trindade (2003) assinalaram que no ensino da física são apresentados conceitos contra intuitivos, tornando a disciplina de difícil compreensão, o que faz com que muitos alunos não consigam fazer a ligação da física com o cotidiano. Os autores apontaram também métodos de ensino que não consideram as teorias de aprendizagem mais recentes e ausência de meios pedagógicos modernos.

O método tradicional, largamente empregado no ensino de Física, se baseia na exposição verbal da matéria e/ou demonstração, realizadas pelo professor, seguindo os passos de preparação, apresentação, associação, generalização e aplicação. Dá-se muita ênfase nos exercícios, na repetição de conceitos ou fórmulas e na memorização, disciplinando a mente do aluno e formando hábitos (LIBÂNEO, 1992).

Moreira (2021) faz uma crítica à aprendizagem mecânica de fórmulas, definições, leis e respostas, em que muitas vezes o estudo de determinados conteúdos torna-se sem significado para o aluno. O autor defende que o ensino da Física deve ser entendido como um processo que, progressivamente, os alunos vão aprendendo e dando significado aos conceitos estudados em sala de aula.

Segundo Rosa (2003), os professores têm desenvolvido suas ações pedagógicas por meio da apresentação de conceitos, leis e fórmulas de modo desarticulado com a realidade do aluno. Rosa e Rosa (2005) identificaram como motivo o fato de que muitos professores tiveram suas formações influenciadas pela visão conteudista, visto que historicamente o ensino de física sempre foi baseado na metodologia tradicional. Esta metodologia causa, na maioria das vezes, o desinteresse e o distanciamento dos alunos em relação à disciplina, e em muitos casos o não alcance dos objetivos propostos.

Moreira (2021) salienta que o ensino de Física é ainda um desafio, pela dificuldade de aprendido por parte dos estudantes e pelo fato do ensino de física, em sua maioria, ser baseado somente na memorização de fórmulas, sendo necessário que a metodologia de ensino seja revista, valorizando os conceitos e proporcionando um maior desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

Sales, Oliveira e Pontes (2010) defendem aproximar o conhecimento prévio com o conhecimento científico dos alunos no intuito de sentirem a necessidade de obter mais informações, estimulando a autonomia do discente na solução de problemas pertencentes à sua realidade.

Santos, Alves e Moret (2006) salientam que o aluno tem dificuldades de associar os conteúdos da física com o mundo real, o que dificulta também seu interesse pelo aprendizado da disciplina. Neste sentido, o professor tem a importante tarefa de auxiliar o aluno a fazer estas conexões para facilitar o seu aprendizado.

Rosa e Rosa (2004) constataram que dentre os fatores responsáveis pelo baixo índice no desempenho dos alunos e pelo fato deles não gostarem de estudar física destaca-se as dificuldades metodológicas e didáticas do professor e a sua concepção sobre o processo de ensino e aprendizagem. Os autores defendem que alternativas metodológicas devem ser consideradas para que a física faça parte da formação social e cultural dos indivíduos.

O ensino de física vem enfrentando problemas no que diz respeito ao processo de ensino e aprendizagem, ocasionando a pouca aprendizagem dos alunos (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007). Evidencia-se que tais empecilhos são motivados, na maioria das vezes, pela baixa qualidade do ensino e pelos alunos não aplicarem os conceitos da Física estudados em sala de aula no cotidiano (SOUZA JÚNIOR, 2006).

Buscando entender esta situação, Souza Júnior (2006) realizou uma pesquisa dando voz aos alunos e verificou que eles consideram a Física muito complicada, sem significado algum, não conseguem associar a teoria com nada do seu cotidiano e, por fim, a odeiam, sendo que, mesmo aqueles que apresentam habilidades com a matemática, criticam as metodologias aplicadas no ensino da Física.

Nos estudos de Sales, Oliveira e Pontes (2010), os autores verificaram que os alunos questionam a importância do estudo da Física para suas formações na condição de estudantes do Ensino Médio e tal fato leva a reflexão sobre o cumprimento da ementa por parte do professor, mas sem levar em consideração a contextualização dos conteúdos ensinados com o cotidiano dos discentes.

Neste sentido, o presente trabalho trouxe a física contida no funcionamento das células nervosas, na eletricidade atmosférica e no desfibrilador, a partir da explicação dos conceitos do eletromagnetismo presentes nos mesmos, no intuito de apresentar um material contextualizado a ser utilizado pelo professor em suas aulas.

2 A FÍSICA CONTIDA NO FUNCIONAMENTO DAS CÉLULAS NERVOSAS

As forças elétricas estão intimamente relacionadas a diversas reações que ocorrem no corpo humano, sendo responsáveis por diversos funcionamentos básicos do mesmo. Um conceito importante a ser destacado é o Potencial de Membrana, que consiste na diferença de potencial elétrico entre os meios intra e extracelular, ou seja, dentro e fora da célula, sendo classificado em repouso ou ação, tendo uma estratégia eletrofisiológica simples, porém muito interessante, e consistindo, também, em um fenômeno físico, que possibilita o funcionamento das estruturas fundamentais no processo de propagação do estímulo elétrico do coração (BRASIL, 2009). Esta estratégia eletrofisiológica faz-se presente nas fibras de Purkinje, que são estruturas fundamentais no processo de propagação do estímulo elétrico do coração, fazendo com que uma célula possibilite a contração cardíaca (BERG, 2018).

A energia potencial elétrica consiste na energia necessária para mover uma carga através de um campo elétrico e o campo elétrico é definido como a região de influência de uma determinada carga elétrica. Há uma necessidade de mais energia para mover uma carga por uma distância maior no campo elétrico, ou seja, faz-se também fundamental mais energia para movê-la através de um campo elétrico mais forte, onde a intensidade desta é gerada pelas cargas presentes neste campo (KHAN ACADEMY, 2022).

Supondo uma placa com um tamanho razoável carregada negativamente, com uma partícula pequena que esteja carregada positivamente, e presa a ela através da força elétrica, há um campo elétrico ao redor da placa que exerce uma força de atração em todos os objetos carregados positivamente em direção a ela, ocorrendo o contrário nos objetos carregados negativamente (KHAN ACADEMY, 2022).

Sendo assim, se por algum acaso, esta partícula for puxada para fora da placa, indo contra a atração do campo elétrico, o que for que a estivesse puxando teria dificuldades, pois há uma força elétrica que une esta partícula às outras. Logo, se esta for solta, a mesma voltará para a placa negativa ao ser puxada pela força elétrica. A energia usada para afastar a partícula é, então, armazenada na partícula como energia potencial elétrica. Por conseguinte, o potencial elétrico é aquele que a partícula tem para mover-se quando é solta (KHAN ACADEMY, 2022).

Por conseguinte, em uma membrana plasmática, que consiste em uma estrutura responsável por delimitar o conteúdo da célula (LENT, 2010), se dois eletrodos (equipamentos com pólos condutores que podem medir a diferença de potencial elétrico) são colocados fora e outro dentro de uma célula viva, é possível medir a diferença de potencial elétrico entre estes, o que é chamado de potencial de membrana (KANDEL; SCHWARTZ; JESSELL, 1995).

À vista disso, este torna-se responsável pelos sinais elétricos gerados pelas células nervosas, presentes no sistema nervoso, que transmitem informações no corpo humano. Em realidade, apesar da condução elétrica que ocorre entre os neurônios (também chamados de células nervosas) para

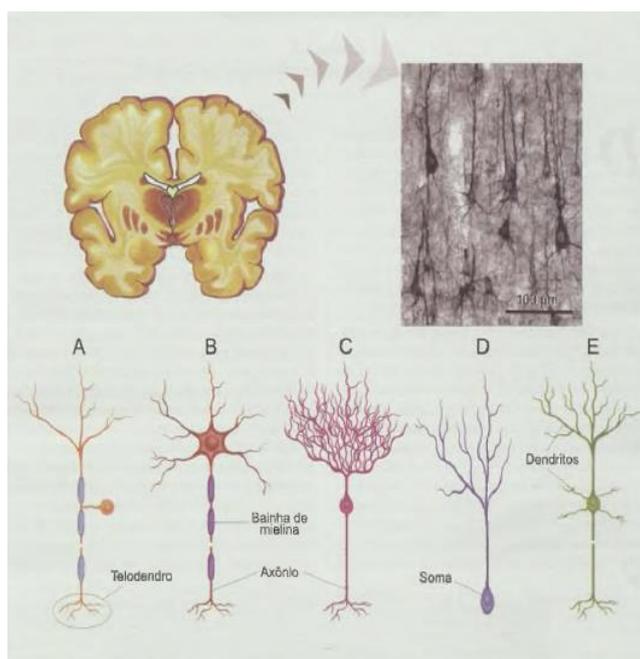
que estes sinais sejam propagados, estes não são bons condutores de eletricidade. Desta forma, os mesmos desenvolveram mecanismos elaborados para gerar sinais elétricos com base no fluxo de íons através das chamadas membranas plasmáticas (PURVES *et al.*, 2001).

Sendo assim, os neurônios, como ilustra a Figura 1, normalmente geram um potencial negativo, correspondendo ao potencial de membrana, onde o potencial de ação elimina o negativo e torna o potencial transmembrana transitoriamente positivo. Deste modo, ao longo do comprimento dos axônios são propagados os potenciais de ação, sendo isto de fundamental importância para o transporte de informações de um lugar para o outro no sistema nervoso (PURVES *et al.*, 2001).

Os potenciais elétricos são gerados através das membranas dos neurônios em razão das diferenças nas concentrações de íons específicos nas membranas das chamadas células nervosas, ao passo que as membranas são também seletivamente permeáveis a alguns desses íons.

FIGURA 1

Neurônios: suas partes e seus diferentes tipos



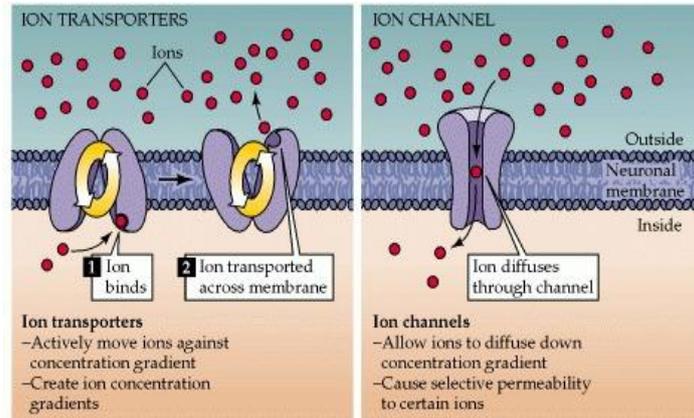
Fonte: Lent (2010).

A seletiva permeabilidade deve-se em grande parte aos canais iônicos, que consistem em proteínas que possibilitam o cruzamento de alguns tipos de íons na direção de seus devidos gradientes de concentração. Por conseguinte, há um trabalho por parte dos canais e transportadores uns contra os outros, gerando assim o chamado potencial de repouso da membrana, assim como também os potenciais de ação e os potenciais sinápticos e receptores que acionam os potenciais de ação. Sendo

assim, tais transportadores e canais possibilitam os movimentos iônicos através das membranas neuronais (PURVES *et al.*, 2001), como ilustra a Figura 2.

FIGURA 2

Transportadores iônicos e canais iônicos.

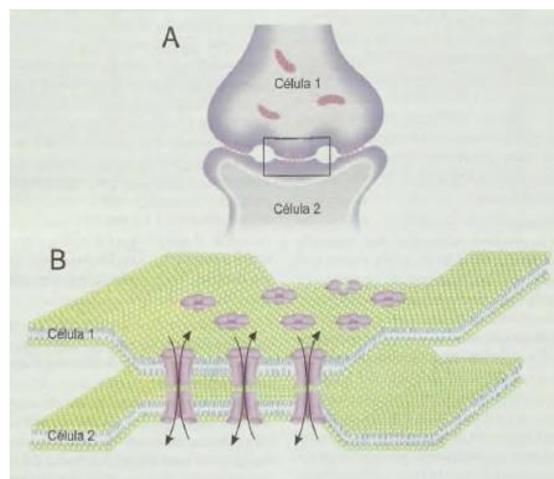


Fonte: Purves *et al.* (2001).

Posto isto, ainda que por muito tempo não se tenha acreditado que haveria transmissões sinápticas elétricas, é possível observar que há uma presença da Física e da Química. Assim, é dado o nome de Junção Comunicante à estrutura dessas sinapses relacionada a eventos elétricos e físicos (LENT, 2010), como ilustra a Figura 3.

FIGURA 3

Junção comunicante



Fonte: Lent (2010).

Desse modo, esta seria uma região de aproximação entre duas células, onde a distância destas seria muito pequena, aproximadamente 3 nm (3×10^{-9} m). Por meio deste processo há um intermédio elétrico, fazendo com que a transmissão seja ultrarrápida, durando apenas centésimos de milissegundos. Faz-se necessário compreender que esta transmissão é extremamente simples e não processa informações, somente às passam de uma célula para a outra. Desta forma, a sua utilidade é justamente consequência desta rapidez, pois esta permite a sincronização de diversas populações de células acopladas (LENT, 2010).

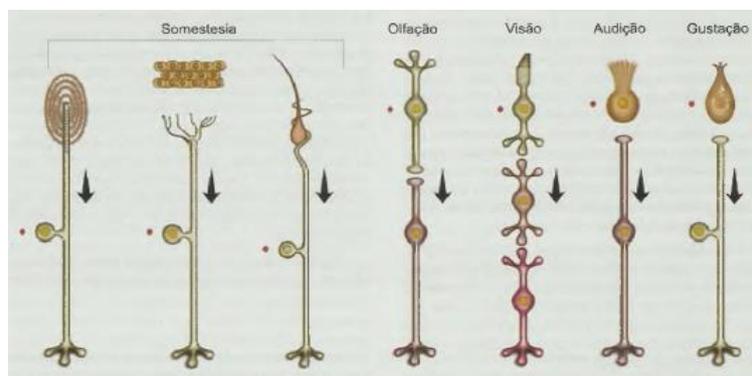
À vista disso, diversas ações do dia a dia do corpo humano podem ser explicadas pela Junção Comunicante. Há, por exemplo, o caso das células cardíacas, que necessitam contrair ao mesmo tempo, a fim de impulsionar o sangue adiante. Posto isto, na fase adulta também há o acoplamento de populações neuronais, como ocorre em neurônios do tronco encefálico responsáveis pelo controle do ritmo respiratório, onde o disparo sincronizado dos neurônios é essencial para o comando dos músculos da respiração (LENT, 2010).

Por outro lado, há também o caso do acoplamento e o desacoplamento das junções comunicantes no sistema nervoso, este apresenta grande utilidade durante o desenvolvimento do corpo humano, pois faz-se necessário que diversas populações de neurônios juvenis estejam sincronizadas para dar início a um processo denominado ontogenético, que consiste em um processo biológico de desenvolvimento de um ser, do momento da fecundação do óvulo até a chamada maturidade (LENT, 2010).

Ademais, há uma forte ligação entre os sistemas sensoriais e o sistema nervoso, pois estes primeiros são essenciais para a tradução da informação presentes nos estímulos ambientais, possibilitando o uso de tal informação para o controle funcional em cada momento. Desta forma, os sentidos dos seres permitem uma percepção adequada do mundo. Portanto, o corpo humano apresenta conjuntos de estruturas neurais que permitem esta tradução dos estímulos presentes no cotidiano (LENT, 2010), como ilustra a Figura 4.

FIGURA 4

Estruturas sensoriais



Fonte: Lent (2010).

Sendo assim, como funcionam tais estruturas? Estas possuem neurônios interligados que formam circuitos neurais capazes de processar a informação que chega do ambiente. Desse modo, o ambiente seria a origem dos estímulos sensoriais, onde estes últimos atingem a superfície que contém as células adaptadas para captá-los. Tais células, são os primeiros elementos que compõem os sistemas sensoriais, que são também chamados de receptores sensoriais. Desta forma, todos conectam-se através de sinapses a partir de neurônios secundários ou terciários, mesmo que estes últimos nem sempre sejam neurônios. Isto posto, os circuitos gerados pelas células nervosas levam informações traduzidas do ambiente pelos receptores até o sistema nervoso em níveis muito mais complexos (LENT, 2010).

Assim, este processo torna-se extremamente importante para o funcionamento do corpo humano, pois serão captados estímulos que farão o controle funcional. Por exemplo, alguns receptores avisam o sistema nervoso sobre os níveis de pressão sanguínea, estando situados na parede dos vasos. Ademais, outra exemplificação básica seriam os receptores visuais, estes localizam-se na superfície interna do olho.

Por fim, é possível perceber que tais estímulos devem chegar até o sistema nervoso, e é claro, de forma rápida, fazendo com que a sinapse elétrica seja de extrema importância. Um conjunto entre sinapses químicas, que poderão processar informações, e sinapses envolvendo a eletricidade, fará uma rápida sincronização de populações de células (LENT, 2010).

Conseqüentemente, cria-se uma cadeia de transmissão sináptica que gera informações para neurônios de ordem superior, onde diversos mecanismos atuam, havendo uma integração sináptica que gera uma análise das características dos estímulos, que são, posteriormente, utilizados em outros processos fisiológicos e na percepção, em consequência da possibilidade de reconstrução mental dos objetos (LENT, 2010).

3 A FÍSICA CONTIDA NO DESFIBRILADOR

Ao iniciar a discussão sobre choque elétrico, um dos primeiros pensamentos que podem surgir na mente é a sensação de susto ou até mesmo de dor causado pela passagem de corrente elétrica. Quando as crianças estão crescendo, é comum os pais sempre as avisarem sobre o perigo de colocar um objeto de metal na tomada, ou até mesmo de encostar em um material eletrizado estando descalço.

No entanto, você sabia que o choque elétrico também possui a capacidade de salvar vidas? De fazer um coração, que antes havia parado de bater, a voltar ao seu movimento normal? Este será

o assunto abordado neste tópico, como o choque elétrico e outras propriedades da física estão relacionadas ao corpo humano e a capacidade de salvar vidas.

O choque é um conceito que pode ser entendido como um fluxo ordenado de cargas negativas que se deslocam de um ponto ao outro em corpos condutores de eletricidade (MÁXIMO, 2006). Os corpos condutores de eletricidade são constituídos por átomos, que possuem partículas eletrizadas, também chamadas de cargas, e podem ser classificadas como positivas (prótons) e negativas (elétrons), em que cargas de mesmo sinal se afastam e as de sinais contrários se atraem. Deste modo, quando um objeto conduz eletricidade, significa que ele é formado pela reunião de vários átomos que possuem elétrons que não se ligam nas órbitas mais externas, ficando livres para se movimentar em tal objeto (elétrons livres) (MÁXIMO, 2006).

Logo, a carga elétrica negativa pode ser transportada pelo corpo – por isso a denominação condutor de eletricidade –, formando um movimento ordenado de elétrons que se deslocam de um lugar ao outro. Sendo essa corrente elétrica a causadora do choque elétrico.

Por volta dos anos 1900, o choque foi utilizado pelos engenheiros eletricitistas da Universidade de Johns Hopkins como um meio de sacrificar cães de rua. Eles utilizavam de choques elétricos em corrente alternada com esta finalidade, todavia, perceberam que um segundo choque fazia com que os cães voltassem à vida. Após isso, as descobertas foram inúmeras. Em 1947, Claude Beck, utilizando duas colheres com cabo de madeira como pás, trouxe um garoto de 14 anos, o qual o coração havia parado de bater durante uma cirurgia, de volta à vida por meio da aplicação do choque com corrente alternada. Já em 1956, um cardiologista americano, Paul Zoll, contribuiu com sua teoria sobre a desfibrilação externa para a criação do que hoje é o DEA (Desfibrilador Externo Automático). Segundo ele, a aplicação direta de um choque elétrico acima de 750 volts no peito de um indivíduo era suficiente para restaurar o ritmo normal do coração (desfibrilar) (SINDMEDMS, 2017, p. 1).

Deste modo, este aparelho que utiliza do choque elétrico, conhecido atualmente como desfibrilador, é um dispositivo destinado a tratar o ritmo cardíaco anormal grave por meio de diferença de potencial (ou tensão) que facilita a inserção de energia (corrente elétrica) focalizada (MURARO, 2017). Para isso, um par de eletrodos, juntamente com um gel eletricamente condutor, facilita essa passagem da corrente (CMOS DRAKE, 2018, p. 30). De acordo com o Inbraep (2020), “a tensão elétrica é a força elétrica que provoca a circulação de corrente, que faz as cargas elétricas entrarem em movimento”, assim, como há essa força entre dois pontos, existe uma diferença de cargas, que se denomina como potencial elétrico ou tensão elétrica.

Além disso, o gel condutor utilizado com o desfibrilador também reduz a resistividade natural dos tecidos do corpo e previne queimaduras elétricas. Pode-se entender a resistividade como uma

propriedade física que define quanto um material resiste à corrente elétrica, dessa maneira, quanto menor a resistividade do corpo humano, menor a oposição ao fluxo de corrente elétrica.

Portanto, essa descarga elétrica do desfibrilador faz com que o coração contraia e despolarize, de forma uniforme, as células cardíacas que, por sua vez, retomam os estímulos de forma ordenada, como se reiniciasse o músculo cardíaco, revolucionando a ciência e salvando vidas (MURARO, 2017).

4 A FÍSICA CONTIDA NAS DESCARGAS ELÉTRICAS

Os seres humanos sempre tiveram uma relação de fascínio e misticidade com a eletricidade atmosférica, que se comprova pela incorporação desses fenômenos à mitologia antiga, atribuindo muitas dessas manifestações elétricas à divindades ou eventos. Zeus, o deus grego que atirava raios nos humanos, é um exemplo de tal acontecimento, bem como Thor, que os escandinavos acreditavam dominar o trovão (PEREIRA, 2010).

Pereira (2010), na sua dissertação de mestrado, infere que um tratamento mais científico em referência ao assunto se iniciou apenas com a intervenção de Benjamin Franklin a partir de 1770, estabelecendo o processo que possibilita a produção de cargas elétricas na atmosfera se deve à eletricidade estática – quando têm-se o excesso de cargas em repouso em um objeto – produzida pelos componentes presentes nas nuvens de tempestade que se formam (PEREIRA, 2010).

Os raios se formam quando há o acúmulo de cargas elétricas (partículas eletrizadas), estas que podem ser positivas ou negativas. Deste modo, o raio seria uma forma de desfazer a tensão, que é a força elétrica que provoca a circulação de corrente, fazendo as cargas elétricas entrarem em movimento por meio da transmissão da eletricidade.

Como consequência desse fenômeno atmosférico – o raio –, são gerados o relâmpago e o trovão, que, sendo muitas das vezes confundidos entre si, possuem dinâmicas diferentes. De acordo com João Ortiz (2015, p 8), “o raio, então, seria uma descarga entre a nuvem e o solo. O relâmpago [...] a luz resultante desses movimentos das cargas na atmosfera, enquanto o trovão é definido como sendo o estrondo decorrente da descarga.”

Saba (2001), em *A Física das Tempestades e dos Raios*, descreve a eletrificação das nuvens como uma consequência da colisão entre partículas de gelo, água e granizo no interior da nuvem. Pelo granizo ser mais denso, quando este colide com cristais de gelos, que são menos densos, este fica carregado negativamente, enquanto os cristais de gelo ficam eletrizados positivamente, explicando o fato de muitas nuvens de tempestade possuírem uma concentração de cargas negativas na parte inferior e de cargas positivas na parte superior.

Deste modo, ao discutir sobre os processos de eletrização, um conceito que surge é o de eletrização por indução que, de acordo com Hewitt (2002), aparece durante as tempestades com relâmpagos. A eletrização por indução ocorre quando um corpo eletrizado é aproximado de um condutor, inicialmente neutro, e induz neste uma distribuição de cargas. No caso da nuvem, a sua região inferior, que inicialmente está negativa, induz uma concentração de cargas positivas na superfície da Terra. Portanto, ao ter isto entre nuvens, surge um campo elétrico entre elas que, se for capaz de romper a rigidez dielétrica, vai possibilitar uma descarga elétrica entre elas (ORTIZ, 2015).

Neste exemplo, aparecem dois conceitos interessantes da física: campo elétrico e rigidez dielétrica. O campo elétrico é uma grandeza vetorial, e uma região influenciada por cargas elétricas, enquanto a Rigidez dielétrica é a intensidade máxima que um dielétrico é capaz de suportar sem tornar-se condutor. Dielétricos são meios ou materiais que possuem características isolantes, ou seja, que dificultam a passagem da corrente elétrica.

Logo, como ocorre entre nuvens, o campo elétrico que surge entre a nuvem e o solo também pode romper a rigidez dielétrica do ar, fazendo com que haja o raio descendente. Além disso, as cargas elétricas de sinal oposto, induzidas no solo, podem iniciar o raio ascendente. Estes dois tipos de raios são denominados de raios precursoros (ORTIZ, 2015).

O raio descendente é o mais frequente, em que há uma descarga elétrica entre uma nuvem e o solo. O raio ascendente, por sua vez, é raro e costuma acontecer apenas a partir de estruturas altas, como prédios, arranha-céus, antenas, torres, entre outras. Nesse tipo de raio, a ramificação é voltada para cima (SABA, 2001, p. 20).

Este tipo de raio raro é formado quando os raios positivos descendentes produzem, no interior da nuvem, descargas carregadas negativamente com extensão horizontal de muitos quilômetros. Deste modo, quando estas descargas negativas passam por cima de locais altos, como arranha-céus e torres, elas podem induzir que essas regiões fiquem positivas. Assim, se a intensidade da carga elétrica induzida for suficiente, na ponte de tais locais podem surgir o que se chama de raios ascendentes, ou raios invertidos (SCHUMANN *et al.*, 2019).

Por fim, um fato curioso sobre os raios é que eles produzem alguns tipos ondas de radiação eletromagnética, estas que são produzidas no ar por meio da variação de uma corrente elétrica, do movimento de uma carga elétrica, de um campo elétrico ou magnético. Sendo assim, elas podem ser definidas como a oscilação dos campos eletromagnéticos, em que um campo magnético é perpendicular a um campo elétrico (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016, p. 160).

Já foi esclarecido anteriormente que o campo elétrico é uma região influenciada por cargas elétricas, já o campo magnético, por sua vez, se origina pela movimentação dessa carga elétrica, ou

seja, pela variação da intensidade do campo elétrico. Assim, as ondas eletromagnéticas vão surgir pela variação desses campos, e além da luz produzida pelos raios – que é uma radiação eletromagnética – estes produzem em diversas outras frequências, inclusive raios-X (SABA, 2001, p. 22).

De acordo com Saba (2001), em dias de tempestade, é recorrente ouvir ruídos ou chiados ao sintonizar em uma rádio AM. Tal acontecimento ocorre em decorrência ao fato de que o raio também produz ondas nessa mesma faixa de frequência – ondas de rádio. Isso facilita, principalmente, a localização do local da ocorrência dessas descargas elétricas, visto que as antenas sincronizadas recebem a onda eletromagnética produzida pelos raios e localizam com precisão o local em que este ocorreu.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conteúdos abstratos e muitas vezes anti-intuitivos explicados de forma contextualizada podem ser uma possibilidade de gerar um maior entendimento dos conceitos da Física, fazendo com que esta deixe de ser algo longe da realidade e passe a ter relação direta com o que o estudante enxerga em seu dia a dia, podendo ser uma alternativa para um estudo da física mais interdisciplinar, interessante e com mais apreço por aquilo que se aprende.

Os resultados apresentados evidenciam a importância do estudo do eletromagnetismo para uma melhor compreensão dos processos relacionados ao funcionamento das células nervosas, da eletricidade atmosférica e do desfibrilador, tendo o potencial de despertar um maior interesse do discente no estudo dos conceitos relacionados ao entender o funcionamento destas situações, podendo tornar o aprendizado dos discentes mais efetivo no que se refere aos conceitos do eletromagnetismo para o Ensino Médio.

OS AUTORES

Lucas Bernardes Borges

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Goiânia/Departamento de Áreas Acadêmicas II
lucas.borges@ifg.edu.br

Geovana Borges Damaceno

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Goiânia/ Técnico Integrado em Mineração – PIBIC-EM
geovana.borges@estudantes.ifg.edu.br

Camila Nunes da Silva

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Goiânia/ Técnico Integrado em Instrumento Musical – PIBIC-EM
camila.nunes@estudantes.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

- PURVES, Dale *et al.* (ed.). *Neuroscience*. 2. ed. Sunderland/MA: Sinauer Associates, 2001.
- BERG, Lucas A. *Estudo da propagação elétrica em fibras de Purkinje*. Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.
- BONADIMAN, Helio; NONENMACHER, Sandra E. B. O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica. *Caderno Brasileiro de ensino de Física*, Florianópolis, v. 24, n. 2, p.194-223, 2007.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Ministério da Educação. *Enem*. Brasília, 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enem/provas-e-gabaritos>. Acesso em: 24 ago. 2022.
- CMOS DRAKE. *Manual do usuário: desfibrilador bifásico viver*. Nova Lima: CMOS DRAKE, 2018.
- FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das Ciências Físicas. *Revista Brasileira de ensino de Física*, São Paulo, v.25, n. 3, p. 259-272, 2003.
- GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. *Física: Eletromagnetismo, Física Moderna*. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.
- HEWITT, Paul G. Eletrostática. In: HEWITT, P. G. *Física Conceitual*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. cap. 22, p. 372-391.
- INBRAEP (Instituto Brasileiro de Ensino Profissionalizante). *O que é tensão elétrica?* Itajaí: Inbraep, 2020. Disponível em: <https://inbraep.com.br/publicacoes/tensao-eletrica/>. Acesso em: 10 maio 2022.
- KHAN ACADEMY. *Electric Potential*. Disponível em: <https://www.khanacademy.org/test-prep/mcat/physical-processes/electrostatics-1/a/electric-potential>. Acesso em: 24 ago. 2022.
- KANDEL, Eric R.; SCHWARTZ, James H.; JESSELL, Thomas M. *Essentials of Neuroscience and Behavior*. Norwalk: Appleton & Lange, 1995.
- LENT, Roberto. *Cem Bilhões de Neurônios? Conceitos Fundamentais de Neurociência*. 2.ed. São Paulo: Atheneu, 2010.
- LIBÂNEO, José Carlos. *Democratização da escola pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos*. São Paulo: Edições Loyola, 1992.
- LIBÂNEO, José Carlos. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 27, p. 5-24, 2004.
- MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. *Física Ensino Médio*: v. 3. São Paulo: Scipione, 2006.
- MOREIRA, Marco Antonio. Desafios no ensino de Física. *Revista Brasileira de ensino de Física*, v. 43, p. 1-8, 2021.

MURARO, Matheus. *Analizador de desfibriladores e cardioversores*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2017.

ORTIZ, João Paulo M. T. *Ensinando o conceito de campo elétrico a partir do fenômeno do raio*. Dissertação (Mestrado em ensino de Física) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

PEREIRA, Carlos S. *Elementos de sensores de eletricidade atmosférica*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

ROSA, Cleci T. W. Concepções teórico-metodológicas no laboratório didático de Física na Universidade de Passo Fundo. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 5, n. 3, p. 13-27, 2003.

ROSA, Cleci T. W.; ROSA, Álvaro B. A teoria histórico-cultural e o ensino da física. *Revista Iberoamericana de Educación*, v. 34, p. 1-8, 2004.

ROSA, Cleci T. W.; ROSA, Álvaro B. ensino de Física: objetivos e imposições no Ensino Médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n.1, p. 1-18, 2005.

SABA, Marcelo M. F. A física das tempestades e dos raios. *Física na Escola*, v. 2, n. 1, p. 19-22, 2001. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/raios.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022.

SALES, Fábio H. S.; OLIVEIRA, Raísa M. S.; PONTES, Luciana R. S. Experimentoteca de Física: uma proposta alternativa para o ensino de Física no Ensino Médio. *Holos*, Natal, v. 4, p. 143-159. 2010.

SANTOS, Gustavo H.; ALVES, Lynn; MORET, Marcelo A. Modellus: Animações Interativas mediando a Aprendizagem Significativa dos Conceitos de Física no Ensino Médio. *Revista Sitientibus – Série Ciências Físicas*, Feira de Santana, v. 2, p. 56-67, 2006.

SCHUMANN, Carina *et al.* On the triggering mechanisms of upward lightning. *Scientific Reports* 9, n. 1, p. 1-9, 2019.

SINDMEDMS (Sindicato dos Médicos de Mato Grosso do Sul). *Você sabia que duas colheres deram origem ao desfibrilador cardíaco?* Campo Grande: SINDMEDMS, 2017. Disponível em: <https://www.sinmedms.org.br/2017/04/19/voce-sabia-que-duas-colheres-deram-origem-ao-desfibrilador-cardiaco/>. Acesso em: 20 abr. 2022.

SOUZA JÚNIOR, Jonas P. *Ensino da Física e senso comum: as ideias prévias dos alunos do Ensino Médio e a aprendizagem de Física*. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo. 2006.

Depressão pós-parto e implicações para o desenvolvimento infantil: revisão da literatura

8

Aline Pereira da Silva
Ester Antonia de Carvalho Veras
Mirelly Bruna Gomes Castro

Resumo

Este estudo teve como objetivo realizar uma pesquisa de artigos científicos publicados sobre o tema “depressão pós-parto e desenvolvimento infantil” no período de 2010 a 2020. Trata-se de uma revisão bibliográfica realizada a partir da seleção de artigos científicos de produção nacional, buscando conhecer a depressão pós-parto e suas implicações para o desenvolvimento infantil. Foi feita uma busca em bases de dados virtuais em saúde, bem como nas bases de dados da Scientific Electronic Library On-line (SciELO) e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Foram utilizados os descritores: “depressão pós-parto” e “desenvolvimento infantil”. Utilizou-se, para formar as estratégias de busca, o operador booleano “AND” na combinação entre categorias. O passo seguinte foi uma leitura exploratória das publicações do período de 2010 a 2020. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão,

efetuou-se a leitura exploratória de dez artigos, os quais responderam à questão norteadora e compuseram a amostra final da presente revisão. Esta revisão da literatura evidenciou que todos os artigos apresentaram em seus resultados que a depressão pós-parto interfere no desenvolvimento infantil, afetando tanto a mãe quanto a criança. Os estudos demonstraram os efeitos negativos da depressão materna para o desenvolvimento infantil, mencionando alterações cognitivas, afetivas, de linguagem, de comportamento, sociais, neurológicas, em médio e longo prazo. Conclui-se, portanto, que a depressão pós-parto deve ser tratada o mais precocemente possível e que os profissionais de saúde devem estar atentos aos sintomas a fim de realizar o acompanhamento adequado dessas mães e dessas crianças.

Palavras-chave: Depressão. Desenvolvimento infantil. Depressão pós-parto.

1 INTRODUÇÃO

A depressão é considerada um problema de saúde pública, diante da sua elevada prevalência e custos sociais. Está associada a alterações cognitivas, de humor, psicomotora e vegetativas (CRUZ; SIMÕES; FAISAL-CURY, 2005). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a depressão foi classificada como a terceira causa de morbidade no mundo em 2004 com projeção de se tornar a primeira em 2030 (WHO, 2018).

Estima-se que o risco para a manifestação da depressão durante a vida seja, maior entre as mulheres, com um risco duas vezes maior que os homens de desenvolverem depressão (BROMET *et al.*, 2011). Isso se justifica pelas alterações hormonais e psicossociais que as mulheres estão expostas, além do fato de passarem pela gestação, que consiste em um momento de intensas transformações físicas e emocionais (ZAMMIT; OWEN, 2006; HOFMANN; ANU ASNAANI; HILTON, 2010).

Neste cenário, as mulheres, e o período pós-natal é considerado o momento em que os transtornos mentais ocorrem com maior frequência. Os riscos associados a este período e ao sexo feminino envolvem, as mudanças impostas ao núcleo familiar com a chegada do filho, com aumento das responsabilidades, acrescido das mudanças físicas e hormonais (WHO, 2009).

A prevalência da depressão pós-parto (DPP) apresenta grande variação entre os países e é maior naqueles menos desenvolvidos (BRITO *et al.*, 2015). Uma pesquisa bibliográfica realizada entre 2005 e 2014 demonstrou que a prevalência da DPP em países desenvolvidos varia de 5,2% a 74,0% e de 1,9% a 82,1% em países em desenvolvimento (NORHAYATI *et al.*, 2015).

Entre os fatores de risco relacionados a DPP, incluem histórico de transtorno mental, a depressão e ansiedade durante a gestação, gravidez não planejada, atitudes negativas relacionadas a gravidez, relacionamento conjugal conflituoso, estresse, e falta de apoio social (BRITO *et al.*, 2015; MACIEL *et al.*, 2019). Além disso, condições socioeconômicas precárias da puérpera e a não aceitação da gravidez também são considerados fatores que influenciam no surgimento de algum transtorno mental durante o período puerperal (MORAES *et al.*, 2006).

Os sinais e sintomas identificados na DPP são constituídos por manifestações físicas, como, redução dos níveis de energia para realização de atividades diárias, sono e cansaço acentuados, perda ou aumento do apetite e diminuição do desejo sexual. Além, dos sintomas psíquicos, relacionados a redução do humor e da autoestima, dificuldade de concentração, ausência ou diminuição do prazer diante de situações que eram consideradas agradáveis, associados a sentimento de culpa com sensações de incapacidade, inutilidade, podendo até chegar a pensamentos de suicídio (OLIVEIRA; BRAGA, 2016).

Visto que a depressão é considerada como um problema de saúde frequentemente encontrado entre mulheres em idade reprodutiva, estudos mostram a considerável relação entre a depressão materna e a saúde da criança, que pode provocar consequências negativas e prolongadas tanto para as mães, como para as crianças (VLIEGEN; CASALIN; LUYTEN, 2014). No contexto da depressão puerperal materna são inúmeros os prejuízos a criança, considera-se que o estabelecimento de vínculo afetivo entre mãe e bebê seja essencial para o bom desenvolvimento do bebê, logo, o estilo de interação que uma mãe com depressão estabelece com o seu filho é mais crítico para o desenvolvimento dele do que o próprio transtorno (SANTOS; SERRALHA, 2015).

Alguns autores ainda classificam as consequências da DPP em precoces, relacionadas a suicídio e/ou infanticídio, alterações comportamentais do bebê caracterizadas por choro e irritabilidade, negligências com a criança, morte súbita do bebê. E em consequências tardias associadas ao atraso cognitivo da criança, distúrbio de comportamento, um futuro adulto com patologias psíquicas e com dificuldades nas relações sociais (GUEDES-SILVA *et al.*, 2003; ARRAIS; ARAÚJO, 2017).

O desenvolvimento infantil satisfatório, principalmente nos primeiros anos de vida, influencia diretamente na formação do indivíduo e suas potencialidades. Para isso, o ideal é que a criança tenha no seu meio condições que a estimulem a se desenvolver em todas as suas potencialidades. Essas condições, incluem pessoas que promovam essa interação de forma positiva, além de condições físicas, como moradias, parques, creches e escolas que lhe permitam vivenciar experiências e ao mesmo tempo garantam proteção e estímulos (OPAS, 2005).

Visto que a depressão pós-parto acarreta consequências as crianças, relacionadas ao mau desenvolvimento, atraso cognitivo, distúrbios de comportamento e alterações de vínculo afetivo, destaca-se a importância de avaliações relacionadas a depressão pós-parto em associação com características e desenvolvimento infantil.

Ainda são escassas as investigações relacionadas a depressão pós-parto e desenvolvimento infantil no Brasil. Este estudo será o porto de partida para maior conhecimento científico desta patologia associada as suas consequências, no que se refere também ao desenvolvimento infantil, além de subsidiar o planejamento de estratégias preventivas dos serviços sociais e de saúde.

Assim, o estudo teve como objetivo realizar um estudo bibliográfico de artigos científicos relacionados ao tema: depressão pós-parto e desenvolvimento infantil, no período de 2010 a 2020.

2 METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão bibliográfica, realizada a partir da seleção de artigos científicos de produção nacional buscando conhecer sobre a depressão pós-parto e implicações para o desenvolvimento infantil. O estudo bibliográfico é aquele que coloca o pesquisador em contato direto com tudo que foi escrito sobre determinado assunto, com o objetivo de permitir a análise e a manipulação de informações (MARCONI; LAKATOS, 2010).

Após a definição do tema – “a depressão pós-parto e suas implicações para o desenvolvimento infantil” –, foi feita uma busca em bases de dados virtuais em saúde, juntamente nas bases de dados da Scientific Electronic Library On-line (SciELO) e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Foram utilizados

os descritores: depressão pós-parto, desenvolvimento infantil. Utilizou-se para formar as estratégias de busca, o operador booleano “AND” na combinação entre categorias. O passo seguinte foi uma leitura exploratória das publicações do período de 2010 a 2020, caracterizando assim o estudo de revisão de literatura.

Foram adotados como critérios de inclusão a utilização de idioma português, a disponibilidade na íntegra do artigo nas bases de dados pesquisadas, de acesso gratuito. Os artigos foram agrupados de acordo com as temáticas e os resultados convergentes. As dissertações e teses consistirão no critério para exclusão. Os estudos encontrados em mais de uma base de dados foram considerados somente uma vez.

A partir das referências obtidas, foi realizada a leitura exploratória e seleção do material, por meio da leitura das obras selecionadas, que possibilitou a organização das ideias por ordem de importância e a sintetização destas, visando a fixação dos pontos essenciais para a solução do problema da pesquisa.

A seguir, foram confeccionados fichamentos, em fichas estruturadas, para a identificação das obras consultadas, do registro do conteúdo das obras, e dos comentários acerca das obras e ordenação dos registros. Os fichamentos propiciaram a construção lógica do trabalho, que consistiram na coordenação das ideias que acataram os objetivos da pesquisa.

Após as buscas foram filtrados, inicialmente, 20 artigos, após a leitura foram excluídos 10 artigos, 2 artigos duplicados, e 8 artigos que não tinham relação total com tema, destacando sobre a depressão pós-parto, prevalência da depressão pós parto mas não fazendo associação ao desenvolvimento infantil. Por fim, dez artigos responderam à questão norteadora e definiram a amostra final da presente revisão.

Este estudo não está sujeito à aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa por não se tratar de pesquisa direta com seres humanos. Porém, destaca-se que a pesquisa teve como fundamento as diretrizes e normas regulamentadoras estabelecidas, assegurando e respeitando os direitos autorais, através da citação de todos os autores.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão apresentados no Quadro 1, a seguir, para melhor visualização e compreensão.

QUADRO 1

Resultados da pesquisa com a descrição dos estudos incluídos na revisão, segundo autores, ano de publicação, títulos, objetivos e resultados das pesquisas (N=10)

Autores e ano	Título	Objetivos	Resultados
Carlesso e Souza (2011)	Dialogia mãe-filho em contextos de depressão materna: revisão da literatura.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar a repercussão da depressão materna na interação mãe-filho. ▪ Examinar suas implicações para o desenvolvimento da criança, especialmente o da linguagem. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demonstrou que a depressão materna afeta não só a mãe, mas também o desenvolvimento global do bebê. ▪ Os estudos apontaram que os efeitos da depressão materna podem resultar negativamente no desenvolvimento da criança, potencializando desordens linguísticas, comportamentais, afetivas, cognitivas e sociais.
Lino <i>et al.</i> (2020)	O impacto da depressão pós-parto no aleitamento materno e no desenvolvimento infantil: uma revisão integrativa.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar o impacto da depressão pós-parto no aleitamento materno e no desenvolvimento infantil. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Os resultados selecionados apontaram para o impacto da depressão pós-parto em diversas fases do desenvolvimento infantil e na relação mãe-filho, indo desde o período gestacional até a primeira infância.
Silva e Leite (2020)	Vínculo afetivo materno: processo fundamental para o desenvolvimento infantil uma revisão da literatura.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descrever quais são os fatores que influenciam na criação do vínculo materno e quais podem gerar atraso no desenvolvimento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Foi identificado que a depressão pós-parto, a falta de cuidado dos pais e o aleitamento incorreto podem gerar um atraso no desenvolvimento infantil.
Rodrigues <i>et al.</i> (2019)	Consequências da depressão pós-parto no desenvolvimento infantil: revisão integrativa.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar as consequências da depressão pós-parto para o desenvolvimento infantil. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Os estudos desta revisão relacionaram a depressão pós-parto a consequências negativas para o desenvolvimento de uma criança, tais como: problemas de comportamento, desordens linguísticas, afetivas, cognitivas e sociais, além de desordens alimentares, alterações no padrão de sono e na atividade cerebral.
Alvarenga <i>et al.</i> (2018)	Impacto da saúde mental materna na interação mãe-bebê e seus efeitos sobre o desenvolvimento infantil.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investigar em uma amostra de diádes socialmente vulneráveis, o impacto da saúde mental da mãe em seus comportamentos durante a interação com o bebê. ▪ Avaliar as relações entre os comportamentos maternos e os indicadores de desenvolvimento aos três meses de vida. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Os achados mostraram que o estado emocional da mãe e seus efeitos comportamentais têm potencial de afetar o desenvolvimento do bebê já nos primeiros meses de vida.

(continua)

Autores e ano	Título	Objetivos	Resultados
Silva e Donelli (2016)	Depressão e maternidade à luz da psicanálise: uma revisão sistemática da literatura.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar uma revisão sistemática da produção científica nacional sobre depressão e maternidade na perspectiva psicanalítica. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ O impacto na interação mãe-bebê e no desenvolvimento infantil, a etiologia multifatorial do transtorno, a vulnerabilidade do contexto familiar a psicopatologias e hipóteses acerca dos aspectos psicodinâmicos da depressão.
Campos e Rodrigues (2015)	Depressão pós-parto materna: crenças, prática de cuidado e estimulação de bebês no primeiro ano de vida.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar o índice de depressão pós-parto materna. ▪ Descrever práticas de cuidado primário e estimulação utilizadas por elas com seus bebês. ▪ Relacionar a presença ou ausência de comportamentos indicativos para a depressão com a frequência de realização das práticas e a importância relatada. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 29,5% da amostra indicaram sintomas de depressão. ▪ Quanto a estimulação, o estudo indicou que mães deprimidas podem interagir e estimular menos seus bebês, afetando no seu desenvolvimento.
Brocchi, Bussab e David (2015)	Depressão pós-parto e habilidades pragmáticas: comparação entre gêneros de uma população brasileira de baixa renda.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comparar as habilidades pragmáticas de meninos e meninas e verificar a influência da depressão pós-parto nesse processo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A depressão pós-parto expõe as crianças a um estilo de interação inadequado e traz riscos para o desenvolvimento afetivo e cognitivo, com consequências distintas para meninos e meninas.
Santos e Serralha (2015)	Repercussões da depressão pós-parto no desenvolvimento infantil.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apresentar uma revisão da literatura científica nacional sobre as repercussões para o desenvolvimento emocional, social, comportamental e cognitivo do bebê, em um contexto de depressão puerperal materna. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Foi observado que a depressão pós-parto é um fator de risco para o desenvolvimento infantil, pois os bebês que viveram tal contexto apresentam apego inseguro, menos exploração do ambiente, sono irregular, baixa autoestima, ansiedade e maior probabilidade de desenvolverem depressão na idade adulta.
Carlesso, Souza e Moraes (2014)	Análise da relação entre depressão materna e indicadores clínicos de risco para o desenvolvimento infantil.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analisar as possíveis correlações entre alterações nos índices de risco ao desenvolvimento linguístico e psicológico do bebê e presença de depressão materna, em uma amostra de mães de bebês nascidos em cidade de porte médio e arredores da região central do Rio Grande do Sul. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A análise realizada demonstrou que há maior proporção de bebês com risco de desenvolvimento, quando os níveis de depressão materna são elevados no período pós-parto.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

(conclusão)

Os dez artigos analisados que responderam a temática abordada, foram publicados nos anos de 2011 (1), 2014 (1), 2015 (3), 2016 (1), 2018 (1), 2019 (1), 2020 (2). De maneira geral os estudos tiveram como objetivo analisar de alguma forma a relação da depressão pós-parto com o desenvolvimento infantil. Destaca-se que em uma das pesquisas analisou a temática acrescida da diferença de desenvolvimento entre meninos e meninas nesse contexto. Além disso, todos apresentaram em seus resultados que a depressão pós-parto interfere no desenvolvimento infantil.

A depressão pós-parto é caracterizada por tristeza, alterações do sono, do apetite e concentrações, irritabilidade, associados à culpa e sentimento de incapacidade de cuidar adequadamente do bebê. Esse estado depressivo materno pode refletir negativamente na interação e no estabelecimento de vínculo entre mãe e filho, levando a repercussões a médio e longo prazo (SILVA; LEITE, 2020).

A formação do vínculo entre mãe e bebê e as interações entre os mesmos são fundamentais para o desenvolvimento infantil, e está diretamente relacionado as funções afetivas, cognitivas, da linguagem, do comportamento, e a depressão pós-parto pode interferir significativamente no estabelecimento desse vínculo, tornando-se um fator que reflete negativamente nesse processo (CARLESSO; SOUZA, 2011; RODRIGUES *et al.*, 2019).

Considera-se que as práticas relacionadas a estimulação do bebê nos primeiros meses de vida são muito importantes para o seu desenvolvimento em todas as áreas. E uma ambiente com a presença de uma mãe ou cuidadora com comportamentos depressivos podem gerar déficits na interação entre o bebê, interferindo na sua estimulação e, conseqüentemente, gerando prejuízos relacionados a menor exploração do ambiente, insegurança, desconforto, irregularidade do sono, alterações no desenvolvimento e probabilidade de desenvolvimento de transtornos mentais no futuro (LINO *et al.*, 2020; ALVARENGA *et al.*, 2018; CAMPOS; RODRIGUES, 2015; SANTOS; SERRALHA, 2015; CARLESSO; SOUZA; MORAES, 2014).

Os efeitos que da depressão pós-parto no desenvolvimento foram demonstrados em vários estudos. Em uma pesquisa foi avaliado de acordo com o gênero da criança, e demonstrou que os meninos são mais dependentes emocionalmente das mães para os estímulos e também mais sensíveis aos sintomas depressivos maternos, pois tiveram melhor desempenho quando as mães eram as principais cuidadoras e não apresentavam sintomas depressivos. Já as meninas, que as mães apresentavam depressão pós-parto, desenvolveram melhores habilidades (BROCCHI; BUSSAB; DAVID, 2015).

Diante disso, destaca-se a importância da detecção precoce de sinais de risco, considerando a etiologia multifatorial do transtorno associado à vulnerabilidade do contexto familiar e a psicopatologias, além do impacto da depressão pós-parto na interação mãe-bebê e no desenvolvimento infantil (SILVA; DONELLI, 2016).

4 CONCLUSÃO

Esta revisão da literatura evidenciou que a depressão pós-parto afeta tanto a mãe, como a criança. E os estudos demonstraram os efeitos negativos da depressão materna para o desenvolvimento infantil associado a alterações cognitivas, afetivas, de linguagem, de comportamento, sociais, neurológicas, a médio e longo prazo.

Portanto, a depressão pós-parto, deve ser tratada o mais precocemente possível, e os profissionais de saúde devem estar atentos aos sintomas e realizarem o acompanhamento adequado dessas mães e dessas crianças. Nesse sentido, é fundamental a realização do pré-natal e do acompanhamento de crescimento e desenvolvimento de qualidade, além disso, é importante ter uma Rede de Atenção Psicossocial fortalecida para o atendimento eficaz e em tempo oportuno dessas famílias.

AS AUTORAS

Aline Pereira da Silva

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Águas Lindas/Departamento de Áreas Acadêmicas
aline.pereira@ifg.edu.br

Ester Antonia de Carvalho Veras

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Águas Lindas/ Técnico Integrado em Análises Clínicas – PIBIC-EM
ester.c@estudantes.ifg.edu.br

Mirelly Bruna Gomes Castro

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Águas Lindas/ Técnico Integrado em Análises Clínicas – PIBIC-EM
miry.bruna.156@gmail.com

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Patrícia *et al.* Impacto da saúde mental materna na interação mãe-bebê e seus efeitos sobre o desenvolvimento infantil. *Psico*, v. 49, n.3, p. 317-327, 2018.

ARRAIS, Alessandra R.; ARAÚJO, Tereza C. C. F. Depressão pós-parto: uma revisão sobre fatores de risco e proteção. *Psicologia, Saúde & Doença*, v. 18, n. 3, p. 828-845, 2017.

BRITO, Cynthia N. O. *et al.* Depressão pós-parto entre mulheres com gravidez não pretendida. *Revista de Saúde Pública*, v. 49, n. 33, p.1-9, 2015.

BROCCHI, Beatriz S.; BUSSAB, Vera S. R.; DAVID, Vinícius. Depressão pós-parto e habilidades pragmáticas: comparação entre gêneros de uma população brasileira de baixa renda. *Audiology Communication Research*, v. 20, n. 3, p. 262-268, 2015.

- BROMET, Evelyn *et al.* Cross-national epidemiology of DSM-IV major depressive episode. *BMC Medicine*, v. 9, n. 8, p. 1-16, 2011.
- CAMPOS, Bárbara C.; RODRIGUES, Olga M. P. R. Depressão pós-parto materna: crenças, práticas de cuidado e estimulação de bebês no primeiro ano de vida. *Psico*, v. 46, n. 4, p. 483-492, 2015.
- CARLESSO, Janaína P. P.; SOUZA, Ana Paula R. Dialogia mãe-filho em contextos de depressão materna: revisão de literatura. *Revista CEFAC*, v. 13, n. 6, p. 1119-1126, 2011.
- CARLESSO, Janaína P. P.; SOUZA, Ana Paula R.; MORAES, Anaelena B. Análise da relação entre depressão materna e indicadores clínicos de risco para o desenvolvimento infantil. *Revista CEFAC*, v.16, n. 2, p. 500-510, 2014.
- CRUZ, Eliane B. S.; SIMÕES, Gláucia L.; FAISAL-CURY, Alexandre. Rastreamento da depressão pós-parto em mulheres atendidas pelo Programa de Saúde da Família. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia*, v. 27, n. 4, p. 181-188, 2005.
- GUEDES-SILVA, Damiana *et al.* Depressão pós-parto: prevenção e consequências. *Revista Mal-Estar e Subjetividade*, v. 3, n. 2, p. 439-450, 2003.
- HOFMANN, Stefan G.; ANU ASNAANI, M.A.; HILTON, Devon E. Cultural aspects in social anxiety and social anxiety disorder. *Depress Anxiety*, v. 27, n. 12, p. 1117-1127, 2010.
- LINO, Carolina M. *et al.* O impacto da depressão pós-parto no aleitamento materno e no desenvolvimento infantil: uma revisão integrativa. *Revista Nursing*, v. 23, n. 260, p. 3507-3511, 2020.
- MACIEL, Luciana P. *et al.* Mental disorder in the puerperal period: risks and coping mechanisms for health promotion. *Journal of Research: Fundamental Care On-line*, v, 11, n. 4, p. 1096-1102, 2019.
- MARCONI, Marina A.; LAKATOS, Eva M. *Fundamento de metodologia científica*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- MORAES, Inácia G. S. *et al.* Prevalência da depressão pós-parto e fatores associados. *Revista de Saúde Pública*, v. 40, n. 1, p. 65-70, 2006.
- NORHAYATI, Noor M. *et al.* Magnitude and risk factors for postpartum symptoms: a literature review. *Journal of Affective Disorders*, v. 175, p. 34-52, 2015.
- OLIVEIRA, Ariene P.; BRAGA, Tatiana L. Postpartum depression: consequences for mother and newborn- a systematic review. *Revista Eletrônica Estácio Saúde*, v. 5, n. 1, p. 133-144, 2016.
- OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). *Manual para vigilância do desenvolvimento infantil no contexto da AIDPI*. Washington: OPAS, 2005.
- RODRIGUES, Wdyane L. C. *et al.* Consequências da depressão pós-parto no desenvolvimento infantil: revisão integrativa. *Revista Nursing*, v. 22, n. 250, p. 2729-2734, 2019.
- SANTOS, Luísa P.; SERRALHA, Conceição A. Repercussões da depressão pós-parto no desenvolvimento infantil. *Barbarói*, n. 42, p. 5-26, 2015.
- SILVA, Heloísa C.; DONELLI, Tagma M. S. Depressão e maternidade à luz da psicanálise: uma revisão sistemática da literatura. *Psicologia Clínica*, v. 28, n. 1, p.83-103, 2016.

SILVA, Tainá A. G. S.; LEITE, Maria Fernanda. Vínculo afetivo materno: processo fundamental para o desenvolvimento infantil uma revisão da literatura. *Salusvita*, v. 39, n. 1, p. 277-295, 2020.

VLIEGEN, Nicole; CASALIN, Sara; LUYTEN, Patrick. The course of postpartum depression: a review of longitudinal studies. *Harvard Review of Psychiatry*, v. 22, n. 1, p. 1-22, 2014.

WHO (World Health Organization). United Nations Population Fund. *Mental health aspects of women's reproductive health*: a global review of the literature. Geneva: WHO Press, 2009.

WHO (World Health Organization). *Folha informativa*: depressão. 2018.

ZAMMIT, Stanley; OWEN, Michael J. Stressful life events, 5-HTT genotype and risk of depression. *British Journal of Psychiatry*, v. 188, p. 199-201, 2006.

Geografia e Matemática: quais diálogos possíveis?

9

Danielle Pereira da Costa
Daiane Soares Veras
Gabriel Lucas Alves dos Santos

Resumo

A importância de haver com mais frequência a abordagem da interdisciplinaridade nas escolas é um assunto bastante discutido ultimamente. Este artigo traz algumas maneiras de relacionar as disciplinas de Matemática e Geografia interdisciplinarmente. O processo de inserir a interdisciplinaridade no currículo das escolas é um grande desafio que demanda tempo e planejamento, por requerer várias ações, tais como: identificar as disciplinas que podem passar por esse processo; definir quais conteúdos das disciplinas escolhidas se relacionam; encontrar exercícios que envolvam a realidade do aluno de maneira integrada e, por fim, selecionar pontos relevantes em ambas as matérias, entre outras questões a serem consideradas. Sabendo das vantagens que as ações para integrar e relacionar as disciplinas, fazendo-as dialogar entre si, podem trazer para os alunos e também para os profes-

sores, este artigo apresentará quais são essas vantagens; os problemas que podem ser encontrados durante o processo; alguns conteúdos com exemplos relacionando a Matemática e a Geografia; tipos de estratégias que podem ser utilizados, além de outros fatores que auxiliam na abordagem interdisciplinar. Para a realização do estudo, foram feitas pesquisas bibliográficas; análise de livros didáticos e pesquisa com alunos do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Valparaíso, com o intuito de abordar o tema da interdisciplinaridade e mostrar como é possível relacionar disciplinas diferentes de forma simultânea. Como resultado obteve-se a identificação de conteúdos comuns a serem abordados interdisciplinarmente, tendo ficado nítida a necessidade de tratar do tema com estudantes e futuros professores que desconhecem as potencialidades da interdisciplinaridade.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade. Matemática. Geografia.

1 INTRODUÇÃO

Antes de falar sobre a possível interdisciplinaridade entre as disciplinas de Matemática e Geografia, se faz necessário entender primeiro do que se trata o conceito da interdisciplinaridade. De acordo com o dicionário Houaiss, interdisciplinaridade significa “que estabelece relação entre duas ou mais disciplinas” ou “que é comum em duas ou mais disciplinas”. Sendo assim, buscar possíveis

maneiras de interdisciplinar as disciplinas de Geografia e Matemática, seria estabelecer relações entre seus conteúdos e buscar relacioná-los de maneira simultânea, fazendo com que as disciplinas tenham uma interação nos seus ramos de conhecimento.

Diante do exposto, este projeto se iniciou no Instituto Federal de Goiás – Câmpus Valparaíso, com o intuito de encontrar possíveis relações entre as disciplinas de Geografia e Matemática e mostrar a importância da interdisciplinaridade. Como se sabe por vários relatos de alunos que não possuem um bom rendimento na área de exatas e outros na área de ciências humanas, essa talvez fosse uma estratégia para superar as dificuldades, estabelecendo-se como perguntas: seria possível interdisciplinar esses campos de conhecimento e relacionar seus conteúdos? Fazer exercícios, preparar uma aula, ensinar algumas matérias ou até mesmo aplicar uma prova, ensinando determinados conteúdos de Matemática e Geografia juntos? Essa é a temática deste trabalho, que busca relacionar vários conhecimentos distintos e aplicá-los de maneira conjunta.

Primeiramente foi dado destaque para a importância da interdisciplinaridade, quais aspectos positivos ela poderia trazer para o ambiente escolar, e após algumas pesquisas, notou-se que é possível romper com os padrões tradicionais escolares, fazendo com que o aluno se interesse mais pela aula, fazendo diversas abordagens para um mesmo assunto e com isso enriquecer a visão de mundo para os discentes, melhorando a interpretação, construção do pensamento crítico, etc. Retorno este que deu mais ânimo e impulsionou o aprofundamento da pesquisa.

Por conta da pandemia, todas as atividades e encontros foram feitos de maneira remota, inclusive as pesquisas bibliográficas que foram importantíssimas para o projeto. Após todo o processo de pesquisas e coleta de dados, foi realizada uma atividade complementar, onde o trabalho foi apresentado para os alunos do câmpus, com a finalidade de apresentar os resultados obtidos pela pesquisa e perguntá-los sobre o tema focado pelo estudo. A apresentação foi feita também de forma remota, com a utilização de *slides* e a plataforma *Google Meet*. Com essa atividade complementar, foi possível aplicar um formulário para os participantes e coletar algumas informações importantes a respeito da interdisciplinaridade.

Este trabalho tem o objetivo geral de demonstrar como conteúdos temáticos abordados pela Geografia e pela Matemática podem ser trabalhados de maneira integrada contribuindo para prática interdisciplinar por professores junto a estudantes da educação básica. Seus objetivos específicos consistem em:

- Selecionar conteúdos a serem abordados interdisciplinarmente pelas disciplinas de Geografia e Matemática;

- Elaborar estratégias didáticas interdisciplinares para abordagem dos conteúdos selecionados;
- Aplicar as estratégias desenvolvidas junto a estudantes da educação básica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Paraná (2008a, p. 27),

disciplinas escolares não são herméticas, fechadas em si, mas, a partir de suas especialidades, chamam umas às outras e, em conjunto, ampliam a abordagem dos conteúdos de modo que se busque, cada vez mais, a totalidade, numa prática pedagógica que leve em conta as dimensões científica, filosófica e artística do conhecimento.

Considerando esse ponto de vista, ao chamar uma à outra disciplina está se trabalhando a interdisciplinaridade e não simplesmente reduzindo a uma readequação curricular, mas sim a uma abordagem conceitual e teórica, onde as diferentes disciplinas entrelaçam os conhecimentos e levam a uma compreensão maior do conteúdo.

Segundo Morin (2007, p.36), para que não haja a fragmentação e isolamento dos conteúdos destaca-se a importância da interdisciplinaridade, segundo o autor,

Para articular e organizar os conhecimentos e assim reconhecer e conhecer os problemas do mundo é necessário a reforma do pensamento. Entretanto, esta reforma é paradigmática e, não, programática: é a questão fundamental da educação, já que se refere à nossa aptidão para organizar o conhecimento. A esse problema universal se confronta a educação do futuro pois existe inadequação cada vez mais ampla, profunda e grave entre, de um lado, os saberes desunidos, divididos, compartimentados e, de outro, as realidades ou problemas cada vez mais multidisciplinares, transversais, multidimensionais, transnacionais, globais e planetários. (MORIN, 2007, p.36).

A interdisciplinaridade está ligada à contextualização, e permite a articulação dos limites que vão além das disciplinas. De acordo com Ramos (2004, p.1) tem-se:

Sob algumas abordagens, a contextualização, na pedagogia, é compreendida como a inserção do conhecimento disciplinar em uma realidade plena de vivências, buscando o enraizamento de conhecimento explícito na dimensão do conhecimento tácito. Tal enraizamento seria possível por meio do aproveitamento e da incorporação de relações vivenciadas e valorizadas nas quais os significados se originam, ou seja, na trama de relações em que a realidade é tecida.

O termo interdisciplinaridade começou a ser abordado no Brasil a partir da Lei de Diretrizes e Bases N. 5692/71 e reforçado pela Lei N. 9394/96. Corresponde ao processo de relação entre

os saberes, a partir de uma disciplina ou de um tema, tendo como característica básica a pesquisa, procurando dar resposta ao conteúdo estudado através de conceitos e instrumentos de outras disciplinas, de forma que o conhecimento se processe a partir dessa interação entre professor e aluno.

De acordo com Libâneo (1994), o processo de ensino se caracteriza pela combinação de atividades do professor e dos alunos, ou seja, de forma que se permita a troca de conhecimentos e os alunos atinjam suas potencialidades e garantam o desenvolvimento de suas habilidades. Assim, a interdisciplinaridade só será eficaz se houver mudança de atitudes em busca da construção de um conhecimento mais global, rompendo com os limites impostos pelas disciplinas, deixando o compartimento do conhecimento.

Na busca por executar a interdisciplinaridade a aplicação de diferentes metodologias ativas, recursos lúdicos didáticos e tecnologias têm sido utilizados, conforme colocam Rosa, Santos Júnior e Lahm (2007) nos seus estudos sobre o recurso das imagens de satélite para o estudo do *lugar* do educando enfatizando uma experiência na área da Matemática e da Geografia; Araújo Junior e Trindade (2019) ao organizarem estudos sobre o ensino da Matemática, experiências e aplicações na educação básica; Araújo (2007) em suas análises sobre modelagem matemática na Geografia enfatizando as aparentes contradições existentes e Honda (2013) que buscou elucidar a aplicação da interdisciplinaridade na compreensão e aprendizagem dos conceitos geográficos do ponto de vista da Matemática, bem como os conceitos da geometria esférica e sua relação com as coordenadas geográficas, dentre outros.

3 METODOLOGIA

Para a realização do projeto e possíveis futuras aplicações do mesmo, foram feitas pesquisas bibliográficas que abordssem o tema interdisciplinaridade e o estudo dos conteúdos que podem se relacionar entre as disciplinas de Geografia e Matemática. Foi realizado também pesquisa e sistematização de conteúdos correlacionáveis em livros didáticos e materiais utilizados pelas disciplinas no Ensino Médio, além de seleção e definição de temas a serem propostos na realização de atividades interdisciplinares junto a discentes.

Na parte prática, foi realizada atividade complementar com alunos do Instituto Federal de Goiás – Câmpus Valparaíso, com o intuito de abordar o tema interdisciplinaridade e mostrar como é

possível relacionar disciplinas diferentes de forma simultânea. E ainda foi possível aplicar um formulário (Figura 1), com perguntas referentes ao tema interdisciplinaridade. As atividades e reuniões foram feitas de forma remota, sendo que os encontros aconteciam de quinze em quinze dias, no período vespertino.

FIGURA 1

Perguntas feitas no formulário aplicado aos estudantes do IFG – Câmpus Valparaíso

Nome Completo: *

Sua resposta

Curso que está matriculado? *

- Licenciatura em Matemática
- Bacharelado em Engenharia Elétrica
- Curso Técnico Integrado em Ensino Médio
- Curso Técnico Integrado em Eletrotécnica na modalidade EJA

Já tinha estudado ou escutado sobre o tema "Interdisciplinaridade"?

- Sim
- Não

Fonte: Formulário elaborado pelos autores da pesquisa e aplicado com estudantes.

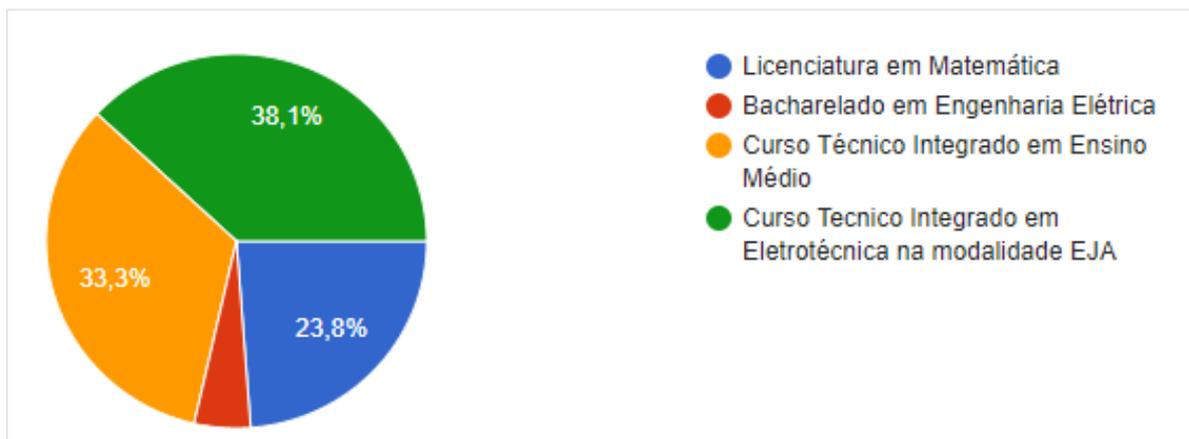
4 RESULTADOS

Com o projeto foi possível notar a importância da interdisciplinaridade, como usá-la de maneira correta e também perceber o quanto as pessoas não possuem muito conhecimento sobre esse tema. Assim, com os estudos bibliográficos, pesquisas em livros didáticos e aprofundamento nos conteúdos das disciplinas de Geografia e Matemática, informações bastante proveitosas foram absorvidas para colocar o projeto em prática.

Após a aplicação do formulário no término da atividade complementar para os discentes do IFG – Câmpus Valparaíso, dos dados que de 21 alunos de diversos cursos (Figura 2) que responderam o formulário, foi possível identificar que 61,9% (Figura 3) não sabiam o que era a interdisciplinaridade. Já nas respostas discursivas muitos afirmaram não ter ideia de como integrar e interdisciplinar duas ou mais disciplinas.

FIGURA 2

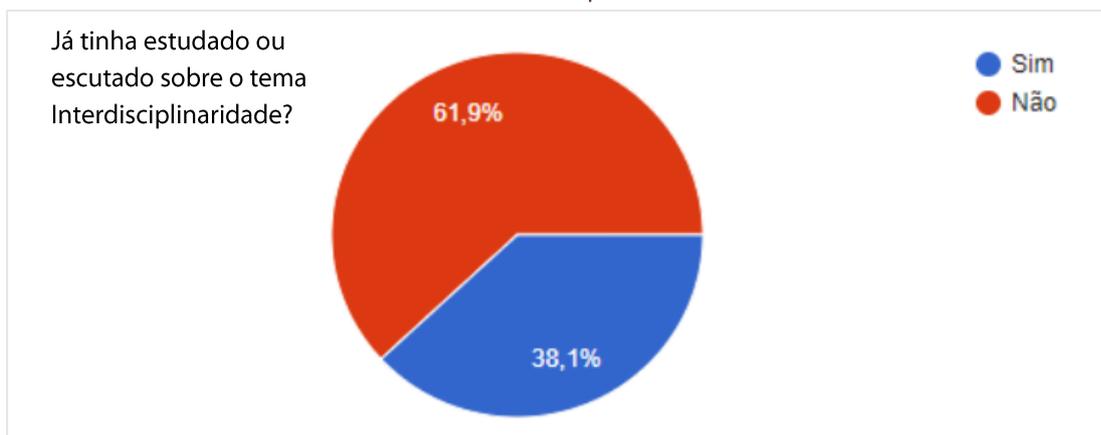
Distribuição dos estudantes entrevistados por curso de formação.



Fonte: Formulário elaborado pelos autores da pesquisa e aplicado com estudantes.

FIGURA 3

Percentual de conhecimento sobre o tema Interdisciplinaridade



Fonte: Formulário elaborado pelos autores da pesquisa e aplicado com estudantes.

No final da apresentação, os alunos conseguiram entender a interdisciplinaridade e uma das perguntas do formulário era em quais outras matérias ou disciplinas esta poderia ser aplicada e as respostas foram bem interessantes e produtivas, alcançando aquilo que se esperava dos discentes. E por fim, ao serem perguntados no questionário quem levaria a interdisciplinaridade para a sala de aula,

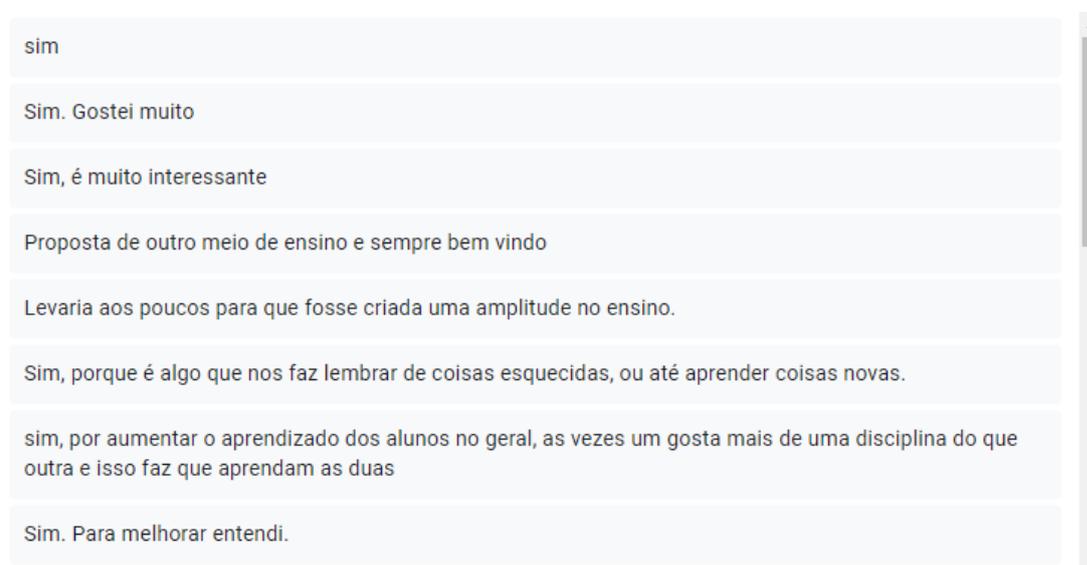
após ter visto todas as vantagens e particularidades da mesma (Figura 4), pergunta esta específica para quem estivesse cursando Licenciatura em Matemática, pois será um futuro docente e como resultado, 90% dos alunos aplicariam a interdisciplinaridade na sala de aula, um resultado positivo, pois no começo eles não sabiam do que se tratava e no final adotariam este método em suas aulas.

FIGURA 4

Exemplos de respostas às perguntas feitas no formulário aplicado aos estudantes do IFG – Câmpus Valparaíso

No papel de professor, você levaria o recurso da interdisciplinaridade para sua aula? Por quê?

21 respostas



sim
Sim. Gostei muito
Sim, é muito interessante
Proposta de outro meio de ensino e sempre bem vindo
Levaria aos poucos para que fosse criada uma amplitude no ensino.
Sim, porque é algo que nos faz lembrar de coisas esquecidas, ou até aprender coisas novas.
sim, por aumentar o aprendizado dos alunos no geral, as vezes um gosta mais de uma disciplina do que outra e isso faz que aprendam as duas
Sim. Para melhorar entendi.

Fonte: Formulário elaborado pelos autores da pesquisa e aplicado com estudantes.

Além de identificar as vantagens e pontos positivos, foi também possível encontrar algumas dificuldades envolvendo a interdisciplinaridade. Alguns conteúdos não são possíveis de se interdisciplinar, pois não se coincidem em questão da série em que o aluno se encontra e ainda considerasse como limitador a distribuição horária em que as mesmas são ofertadas para um mesmo ano de ensino. Assim, fica mais difícil para o professor conciliar uma disciplina com a sua, sendo que esta será vista apenas no futuro ou os alunos já estudaram em outra série.

Outro ponto importante a se destacar, é que a interdisciplinaridade pode ser abordada também no ensino superior. Usando esse tipo de abordagem, o docente pode mostrar ao seu aluno a utilidade daquilo que se aprende, mostrando a importância de cada disciplina para sua formação, como este consegue se aproximar mais do discente, melhorando a relação e apresentar de forma mais simples onde aquela matéria irá ajudar no mercado de trabalho.

Por fim, a Figura 5 apresenta conteúdos que o projeto conseguiu relacionar entre a Geografia e a Matemática à guisa de exemplificar como pode ser concretizada a interdisciplinaridade.

FIGURA 5

Exemplos de temáticas passíveis de serem abordadas interdisciplinarmente entre Geografia e Matemática

Matemática	Geografia
Esfera	Globo terrestre
Coordenadas cartesianas	Coordenadas geográficas
Números inteiros	Fuso horário
Circunferência máxima	Linha do Equador
Distância entre dois pontos (arco)	Geodésicas
Economia Financeira	Geografia Econômica
Estatística	Geografia populacional
Estatística, Medidas, Modelagem	Sensoriamento remoto Geoprocessamento
Valor de Pi, conceitos de tangente, triângulos, ângulos, cálculo de áreas	Meio ambiente

Fonte: Elaborada pelos autores.

Além dessas temáticas, outros conteúdos como densidade demográfica, renda *per capita*, taxa de natalidade, taxa de mortalidade e média móvel dos casos de Covid são do âmbito da Geografia, mas se relacionam com a Matemática a partir de cálculos e análise de gráficos. Todos eles foram explorados ao longo da execução do projeto como propostas de ações interdisciplinares passíveis de serem realizadas em sala de aula.

5 CONCLUSÃO

Com a atividade complementar e as respostas obtidas com o formulário, ficou nítido que grande parte das pessoas que participaram não conheciam o tema interdisciplinaridade. Com a apresentação de exemplos, aspectos positivos, vantagens e demonstração de como se abordar e interdisciplinar as disciplinas proporcionou um melhor entendimento sobre o assunto e também a vontade de querer saber mais sobre a interdisciplinaridade.

No geral, este tema é bastante importante e interessante para se estudar e aplicar, entretanto, ainda é um assunto recente dentro das escolas e com isso não o vemos com mais frequência nos currículos dos cursos superiores e no Ensino Médio. Por isso, este trabalho buscou apresentar e incentivar o uso da interdisciplinaridade, mostrando a sua importância, história, possíveis dificuldades que seriam encontradas na hora de conciliar os conteúdos e provar que é possível aprender um conteúdo a partir de duas ou mais disciplinas, conseguindo ampliar a forma de abordá-lo.

OS AUTORES

Danielle Pereira da Costa

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Valparaíso/Departamento de Áreas Acadêmicas
danielle.costa@ifg.edu.br

Daiane Soares Veras

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Valparaíso/Departamento de Áreas Acadêmicas
daiane.veras@ifg.edu.br

Gabriel Lucas Alves dos Santos

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Valparaíso/Licenciatura em Matemática – PIBIC
gabriel.l@estudantes.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Jussara L. *Projeto de modelagem matemática*. Belo Horizonte: Departamento de Matemática/UFMG, 2006. Mimeo.

ARAÚJO JUNIOR, Francisco P.S.; TRINDADE, Anna Karla B. *ensino de matemática: experiências, reflexões e aplicações na educação básica*. Porto Seguro: Oyá, 2019.

HONDA, Adriana M. C. *Matemática e Geografia: uma interdisciplinaridade*. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

LIBÂNEO, José Carlos. *Didática*. São Paulo: Cortez, 1994.

MORIN, Edgar. *Ciência com consciência*. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. *Diretrizes Curriculares da Rede Pública do Estado do Paraná – Geografia*. Curitiba, 2008b. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?Conteudo=1> Acesso em: 4. mar. 2022.

RAMOS, Marise. *Possibilidades de construção de um currículo integrado de Ensino Médio técnico*. Rio de Janeiro: UERJ, 2004.

ROSA, Renata U.; SANTOS JUNIOR, Donarte N. S.; LAHM, Regis Q. O recurso das imagens de satélite para o estudo do lugar do educando: uma experiência na área da Matemática e da Geografia. *Experiências em ensino de Ciências*, v. 2, n. 2, p. 23-36, 2007.

Daniel Ordine Vieira Lopes
Rogério Ferreira Xavier
Geovana Almeida Miranda Sant'Ana
Maria Clara Silva Cruz

Resumo

Os conteúdos escolares do Ensino Médio estão muitas vezes desvinculados dos interesses culturais dos estudantes, que, durante essa etapa escolar, estão em pleno desenvolvimento. As ciências são muitas vezes apresentadas de uma forma apática, como um conjunto de informações aparentemente inúteis a serem decoradas. Quando são adotadas abordagens contextualizadas de ciência, é comum que se restrinjam a expor uma visão extremamente utilitarista, referindo-se somente ao desenvolvimento de novas tecnologias ou ao entendimento de máquinas ou técnicas do dia a dia, o que negligencia tanto o lado afetivo do fazer científico ligado à busca do conhecimento, quanto o encanto do mistério e dos afetos que movem cientistas. Diante dessa perspectiva, o projeto descrito neste trabalho explora como é possível

utilizar filmes, séries ou animes (animações japonesas) para aproximar os estudantes de uma compreensão mais ampla sobre ciências, em particular sobre a Física. Essas obras culturais costumam envolver afetivamente os estudantes, que muitas vezes as tomam como parte de sua própria identidade. Aproveitar esse forte interesse e direcioná-lo para o ensino de ciências pode ser um recurso a ser considerado. Deve-se, no entanto, tomar cuidado para não tornar esse uso desinteressante, explorando cenas dessas obras somente para “encontrar erros” ou para fazer cálculos sem propósito. É preciso explorá-las de maneira ampla, tanto para o trabalho com conceitos complexos, buscando analogias, quanto para a discussão de aspectos de Filosofia e História da Ciência.

Palavras-chave: Contextualização. Abordagem Temática. ensino de ciências.

1 INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade, obras culturais das mais diversas são produzidas em grande escala. De fato, para além dos costumes de nossa própria sociedade, a globalização permitiu que as fronteiras geográficas fossem rompidas e entrássemos em contato com as vivências do outro. Simultaneamente, a indústria cultural parece implacável em suas produções massivas e constantes. Nesse contexto, as produções culturais não apenas tornam-se parte da vida de inúmeros indivíduos, elas se transformam em um alvo de grande fascínio quando conseguem se comunicar de forma afetiva com o telespectador. Essas pessoas mergulham no universo dessas obras, dedicando tempo e criatividade ao produzir conteúdo relacionado nas redes sociais, fóruns e outros. Os fãs-clubes compartilham trabalhos artísticos inspirados

em suas tramas prediletas, criam teorias sobre novos acontecimentos nos filmes, animes e séries e ainda participam de eventos próprios, podendo se fantasiar de seus personagens favoritos, os notáveis *cos-plays*. Esse entusiasmo pode parecer irrelevante ou banal, mas é capaz de desenvolver habilidades importantes e que não podem ser desconsideradas no engrandecimento dos interesses pessoais.

Paralelamente, no ambiente escolar, professores enfrentam constantes lamúrias em relação aos conteúdos estudados, que parecem distantes e intangíveis aos estudantes. É, portanto, árduo que professores, em seu papel de mediadores na construção do conhecimento, despertem o interesse dos alunos pelos assuntos curriculares. Se faz, desse modo, necessário utilizar-se daquilo que extrapola o currículo para diminuir a lacuna aberta entre os saberes delineados no processo de ensino e aprendizagem e a vivência cotidiana dos alunos.

Esses dilemas vão de encontro às ideias do pedagogo francês George Snyders (SNYDERS, 1988, *apud* PIASSI, 2007), que possuía uma visão própria a respeito do processo da educação. Para ele, quando se entra em contato com atividades consideradas prazerosas pelo indivíduo, temos as alegrias simples, construindo, assim, a cultura primeira. Se esse indivíduo, motivado pelas atividades que lhe despertam interesse, começa a buscar um conhecimento que faça sentido, desenvolvem-se as alegrias ambiciosas, que constituem, por sua vez, a cultura elaborada. A escola deve propiciar um ambiente de transição da cultura primeira para a cultura elaborada, elevando ambas a um patamar de igual importância e de forma que a satisfação cultural deva ser o centro das preocupações pedagógicas.

De fato, ser humano é ser cultural. Aprendemos, desde técnicas básicas de sobrevivência até conceitos científicos complexos, a partir da nossa interação com o outro, com o ambiente social. A psicologia histórico-cultural de Lev Vigotski (VIGOTSKI, 2001, 2021) tem como base epistêmica o materialismo dialético. Isto é, a teoria parte do pressuposto que o desenvolvimento psicológico se dá por um processo dialético, de trocas, e provocando transformações, muitas vezes qualitativas, para a formação de funções psíquicas superiores, como a percepção dirigida, a memória e o pensamento.

Para Vigotski, a construção dos conceitos científicos passa por estruturas formadas anteriormente na mente do estudante, chamadas por Vigotski de conceitos cotidianos ou espontâneos. Espontâneo aqui não significa intrínseco ou inato, mas que foi assimilado a partir de uma experiência prévia, muitas vezes diferente da escolar. O par conceito cotidiano/científico se assimila ao par cultura primeira/elaborada de Snyders, mencionado anteriormente. Podemos entender o conceito científico como um elemento da cultura elaborada, e o mesmo para conceito cotidiano/cultura primeira. Trazendo especificamente para o caso do processo de ensino-aprendizagem, vemos também similaridade no conceito de aprendizagem significativa de Ausubel (1978, *apud* MOREIRA, 2006), na qual conceitos são aprendidos de maneira significativa, com uma verdadeira apropriação por parte

do estudante, quando interagem com outros conceitos já presentes na estrutura cognitiva do estudante, os conceitos subsunçores. Insistir em ensinar conceitos científicos a partir de definições ou memorização, desconectadas de elementos cognitivos prévios, pode até resultar em uma aparente aprendizagem, manifesto talvez em bons resultados em provas, mas será uma aprendizagem mecânica, um “decorar” sem uma real assimilação.

Ainda Vigotski destaca (VYGOTSKI, 2006)¹ que os interesses e aspirações orientam a conduta de adolescentes e são a base para compreender o processo do desenvolvimento psicológico destes. Citando Thorndike, Vigotski escreve que a educação “sem a cultura de interesses será sempre uma educação formal incapaz de orientar devidamente a conduta”, que é o interesse que põe em marcha o mecanismo da conduta e condiciona o desenvolvimento de todo o processo psicológico e, finalmente, que “não podemos considerar a natureza como uma condutora confiável para os ideais da educação, por isso podemos e devemos modificar os interesses, canalizá-los, permutá-los de uma esfera a outra, educar e formar interesses novos” (VYGOTSKI, 2006, p. 38). Ou seja, “podemos e devemos” aproveitar o interesse já presente em estudantes por obras culturais audiovisuais, que movimentam comunidades de jovens em grupos de fãs e eventos, para aproximá-los de uma cultura científica, estimulando o desenvolvimento de conceitos científicos e abstratos, desenvolvendo e complexificando a capacidade de compreensão do mundo.

Partindo desses entendimentos sobre o desenvolvimento dos conceitos científicos e a conexão entre a cultura primeira e a elaborada, o projeto aqui descrito busca estabelecer essa interação a partir de obras audiovisuais (filmes, séries televisivas e animações) presentes no universo do entretenimento dos estudantes. Antes, é importante compreendermos melhor como fazer isso, para não cairmos em armadilhas de que basta uma aula utilizando um filme divertido que a aprendizagem e o interesse dos estudantes estarão garantidos.

Piassi (2007) comenta que é possível notar duas grandes vertentes de estudo sobre educação no Brasil: sobre aprendizagem e sobre conteúdos. Salienta-se que este último é diferente de método de ensino, que são múltiplas vias para se obter conhecimento. O conteúdo não se refere apenas à esfera conceitual fenomenológica, isto é, não se limita à explicação de como ocorrem os fenômenos ou apenas às leis da natureza. Uma educação que valoriza os estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade engloba também discursar sobre características histórico-metodológicas, sobre o desenvolvimento do método e a própria epistemologia, bem como discutir o contexto sociopolítico, como

¹ Mantivemos nesta referência a grafia usada na edição consultada (Vygotski) enquanto ao longo do restante do texto mantivemos a grafia adaptada ao português Vigotski.

a sociedade influencia na ciência e vice-versa. Reduzir as ciências a apenas à esfera conceitual acarreta a desvalorização do longo processo de construção do conhecimento e usar apenas o resultado, isto é, o produto gerado. Novamente, deparamo-nos com o esvaziamento do sentido (PIASSI, 2007).

Dessa forma, é necessária cautela com o “edulcorar”. Esse termo utilizado por Piassi (2007) refere-se ao ato de colocar o método de estudo acima do conteúdo. De acordo com o autor, esse conceito também se encontra com as ideias de Paulo Freire, que discursa sobre a inadequação de tentar conquistar um aluno através da aderência e se limitar a proporcionar uma euforia passageira, através de atividades que foquem num método lúdico, divertido, mas sem o aprofundamento necessário, sem a passagem da cultura primeira para a cultura elaborada, nos termos de Snyders, ou dos conceitos cotidianos para a apropriação dos conceitos científicos, nos termos de Vigotski. Piassi insiste na importância de não desvincular esses anseios do ensino de ciências, uma vez que considera tais relações afetivas são importantes para o engajamento e aprendizado.

A relação entre as categorias cultura e ciência também é alvo de discussões. Quando se afirma: “arte é cultura”, a concordância é imediata. No entanto, quando se diz: “ciência é cultura”, há um grande momento de reflexão. O termo *cultura* tem origem no latim e refere-se ao ato de cultivar ou ainda de prestar culto. Embora seja academicamente aceito que sendo a ciência um produto social da humanidade é, portanto, cultura, ciência é apresentada no ambiente escolar de forma bem distinta de outros elementos facilmente identificados como culturais, tais como as artes plásticas ou a literatura:

Acreditamos que um ponto central a ser enfatizado é a relação afetiva com a cultura. Quando se pensa em cultura em termos de música, cinema, literatura, é inegável sua ligação com o prazer. Todas as formas de arte estão ligadas à ideia de uma atividade prazerosa, tanto para aquele que executa a obra artística quanto para aquele que a aprecia. (PIASSI, 2007, p. 49).

A ciência, tal como a arte, também possui motivações estéticas, em especial na procura por fórmulas simples, elegantes e que possibilitem, da forma mais acurada possível, a previsibilidade dos fenômenos naturais. A excitação da descoberta, e do caminho para tal, é motivação para muitos cientistas ao longo da história, que muitas vezes persistiam obstinadamente até que suas teorias ou experimentos fossem bem-sucedidos. Emoções como prazer, excitação e encanto são presentes na prática científica. No entanto, ao contrário das aulas de artes plásticas, música ou literatura, muitas vezes essa dimensão afetiva da ciência é muitas vezes negligenciada:

As pessoas não vêm na ciência a possibilidade prazerosa porque essa possibilidade não é oferecida na maior oportunidade sistemática de contato com o conhecimento científico, ou seja, a educação formal. A ciência com que a maioria das pessoas tem contato na educação formal, entretanto, é apresentada de forma operacional, repleta de filigranas, procedimentos e acúmulo de inúmeros itens de conhecimento isolados. Há pouca preocupação em formar uma visão geral, uma grande “visão de Universo”, como diz Asimov. (PIASSI, 2007, p. 50).

É por meio da tecnologia e ciência, que o homem busca respostas para questionamentos e anseios. Na Antiguidade clássica, por exemplo, havia o mito de Ícaro, que buscava voar através de um par de asas confeccionadas com cera. Todavia, apenas na história recente foi possível desenvolver aviões e planadores, como um projeto metade sonho e metade solução para a questão da mobilidade. Temas de reflexão para a humanidade como liberdade, eficiência, solidão, trabalho, vida e tempo estão presentes de forma sutil e avassaladora na ciência e também na arte.

Ademais, ciência é produzida coletivamente e, além de tudo, necessita da imaginação como força motriz para impulsioná-la. Os grandes avanços científicos acontecem a partir de um processo criativo/imaginativo, muitas vezes após o domínio exaustivo das técnicas habituais, mas que em algum momento não são mais suficientes para explicar a natureza e um salto qualitativo se faz necessário. Assim como artistas que, para alcançarem o reconhecimento enquanto tal, precisam primeiro dominar e aperfeiçoar técnicas artísticas e conhecer bem seu próprio campo para só então conseguir produzir algo novo e significativo a partir dali, cientistas criam de forma parecida. Sobre quem faz arte/ciência,

Na verdade, nem a arte nem a ciência são enfadonhas: não há atividade imaginativa que seja desinteressante para quem estiver disposto a reimaginá-la para si mesmo. Naturalmente, há muitos cientistas que são pessoas pouco interessantes. Por outro lado, posso garantir que muitos artistas merecem a mesma crítica: sei disso por experiência própria, ao longo de toda a minha vida. O trabalho que realizam, contudo, não é aborrecido – nem o do artista nem o do cientista. Ao trabalhar, os dois estão brincando, imaginando e criando novas situações, o que para eles é o que pode haver de mais divertido. Como será também para nós, se pudermos recriar a sua experimentação. (BRONOWSKI, 1998, p.40, *apud* PIASSI, 2007, p. 52).

Assim se faz necessário construir oportunidades que mostrem a ciência diretamente vinculada à cultura, inclusive na esfera afetiva. Este é também o objetivo do projeto aqui descrito, no qual, através de filmes, animações, livros e outros materiais de caráter afetivo, da cultura primeira de parte dos estudantes, busca-se o desenvolvimento de um diálogo sobre conteúdos de física e ciências. Dessa forma, o presente trabalho visa analisar obras audiovisuais, com enfoque para a disciplina de física do Ensino Médio, consideradas alegrias simples, e muitas vezes vinculadas à identidade dos estudantes. É visada uma discussão a respeito da cultura elaborada através do uso de obras culturais como instrumento cognoscitivo para a motivação dos estudantes na construção de conhecimentos para além do nível conceitual fenomenológico, isto é, do “conteúdo escolar” por si só, como definido por João Zanetic (1989, *apud* PIASSI, 2007).

2 METODOLOGIA

O projeto se iniciou por pesquisa bibliográfica, incluindo leituras e debates sobre artigos e materiais que relacionam alguns conceitos físicos e o método de construção de um procedimento para análise de um filme, série ou anime, compreendendo a função desta análise no ambiente escolar como um recurso didático. Segundo Piassi e Pietrocola (2006, p. 10), “os filmes de ficção científica possuem um potencial bastante diversificado em relação às suas possibilidades didáticas”. O método de análise não consiste em comparar as teorias e encontrar erros, já que a “ciência” de uma ficção científica “deve ser sempre encarada como uma ciência ficcional, embora muitas vezes ela possa aproximar-se da ciência real” (PIASSI; PIETROCOLA, 2006, p. 7).

Após essa construção e a adoção de um instrumento de análise, foi possível selecionar produções audiovisuais que poderiam ser associadas aos conteúdos científicos que foram debatidos. O método escolhido para divulgação dos resultados, obtidos através das observações de cenas e enredos, foi a criação de um blog com postagem de textos simples e explicativos. Dessa forma, ao exemplificar conceitos abstratos da Física, faz-se uma interligação com o cotidiano dos estudantes, despertando a curiosidade a partir do que já é familiar, promovendo um domínio ampliado do conhecimento.

Importante destacar que a pesquisa foi conduzida por duas bolsistas PIBIC, uma do Ensino Médio e outra do curso superior bacharelado em Engenharia Civil. A perspectiva pessoal, enquanto estudante de cada nível, e enquanto fãs, foi qualidade fundamental para o desenvolvimento do projeto, uma vez que a experiência com as aulas que participam e o fato de conhecerem obras populares dos jovens estudantes de hoje ajudaram a definir quais obras seriam analisadas, buscando uma maior conexão com o universo de produções culturais que o público-alvo, do qual fazem parte seus colegas, consome.

Realizou-se a leitura do primeiro capítulo da tese de doutorado em educação de Piassi intitulada *Contatos: a ficção científica no ensino de ciências em um contexto sócio cultural*. Ao longo da introdução, o autor descreve como se aproximou da ficção científica e passou a usá-la em aulas, tanto no formato de livros quanto de filmes, para fomentar discussões entre os estudantes.

À medida que desenvolvia esse trabalho, Piassi (2007) percebia que a ficção não abordava apenas temas relacionados às ciências e apresentava a verossimilhança com a realidade física, ela também revelava visões sobre o papel da ciência na sociedade, possibilidades futuras para o uso da tecnologia e temas filosóficos. Ressalta-se, inclusive, o estereótipo do cientista maluco como um produto cultural.

Por conseguinte, entende-se que obras de ficção científica devem ser analisadas não apenas no âmbito da física, mas também sob um prisma social, onde posições ideológicas sobre a ciência são percebidas. As análises de Piassi (2007), envolvem “polos temáticos”, isto é, a posição assumida pelo produto cultural em relação ao papel da ciência em nossas vidas, e “elementos contrafactuais”, usados como parâmetros para a classificação de ficções científicas.

A partir da leitura norteadora de artigos como “Mangás e sua utilização pedagógica no ensino de ciências sob a perspectiva CTS”, de Luana von Linsingen (2007); “Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de ‘encontrar erros em filmes’”, de Luís Paulo Piassi e Maurício Pietrocola (2009), e da tese supracitada, buscou-se discutir a forma como ocorre o ensino das ciências e como séries, filmes e animes podem ser utilizados como ferramenta educacional.

Algumas obras analisadas, que serão mencionadas na próxima seção, exigiram o estudo de temas de física moderna como relatividade (restrita e geral) e mecânica quântica. Artigos como “Determinismo, previsibilidade e caos”, de Fernando Lang da Silveira (1993) e notas de aula de Osvaldo Pessoa Jr. (2019), foram utilizados como material complementar.

Além do aspecto pedagógico da utilização de obras e conceitos físicos, também foram estudadas perspectivas em relação à produção científica. O texto “Visões epistemológicas contemporâneas: uma introdução”, de Marco Moreira e Neusa Massoni (2011), foi um dos iniciadores de discussões nesse âmbito. A forma singular como pensadores como Karl Popper e Thomas Kuhn interpretam a construção da ciência e do conhecimento foi explorada em amplo aspecto, contribuindo para o enriquecimento da discussão sobre estereótipos em relação aos cientistas e da necessidade de entendimento da ciência como uma construção social.

Reforça-se que a utilização de filmes como facilitadores da aprendizagem dos conceitos de Física no Ensino Médio se caracteriza como uma metodologia capaz de fomentar a reflexão acerca da utilização prática dos conceitos, que ao ver de muitos alunos parecem abstratos. Reconhece-se que a cultura cinematográfica tem um efeito de fascínio por boa parte dos jovens e até mesmo adultos, que ao promover uma análise mais aguçada das obras, conseguem despertar em si o gosto pelo conhecimento nesta área, considerada por muitos como complexa. É uma tentativa de superação das perspectivas tradicionais de ensino que diminuem o potencial destes elementos metodológicos em função da visão de um processo de aprendizagem centrado na exposição e repetição de atividades.

3 RESULTADOS

Para publicizar algumas análises, foi criado um domínio para um blog na plataforma WordPress. O nome “Física e Pipoca” foi escolhido de forma a evitar nomes complexos, transmitindo uma ideia objetiva e divertida para o público-alvo. A imagem de comer pipoca pode ser associada a filmes e alegria, ao mesmo tempo que as novas ideias são uma analogia ao estouro de uma pipoca na panela. O blog está disponível ao público a partir do link <https://fisicaepipoca.wordpress.com/>. A página continua em desenvolvimento e, em alguns textos, conta com questionamentos levantados para despertar o interesse e motivar os estudantes a buscarem suas próprias teorias e conclusões. A autonomia do estudante é valorizada pela busca independente de conhecimento a partir de seus próprios interesses e gostos.

A forma de escrita das postagens também é desafiadora (LUZÓN, 2013). Deve-se encontrar um balanço entre a informalidade, para buscar um sentimento de proximidade com o leitor, e a escrita precisa da informação a ser comunicada. Ao mesmo tempo, deve-se ter em mente que, para se buscar atingir fãs de um determinado segmento da indústria cultural, quem escreve deve ter alguma familiaridade com aquele tema, para que não pareça forçado ou artificial.

A seguir, descrevemos algumas obras analisadas no projeto e exploramos sugestões de temas a serem discutidos a partir da obra. Como mencionado anteriormente, os temas não se restringem a conteúdos e conceitos curriculares de Física, mas também discussões sobre natureza da ciência e relações CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade).

3.1 INTERESTELAR (2014)

O filme descreve um futuro próximo onde as mudanças climáticas provocaram uma séria crise de produção de alimentos e a humanidade direciona todos os esforços para a agricultura extensiva, deixando em segundo plano o desenvolvimento científico e tecnológico, visto agora como supérfluo. Ao mesmo tempo, agências espaciais trabalham em segredo um plano para levar parte da humanidade a outro planeta. A descoberta de uma ponte de Einstein-Rosen (um “túnel” espaço-temporal, também chamado de “buraco de minhoca”) perto de Saturno que leva a um outro sistema planetário se mostra a esperança para que um novo lar para a humanidade seja encontrado.

Interestelar usa como base conceitual diversos conceitos da física moderna, como buracos negros, buracos de minhoca, dilatação do tempo e dimensões extras. Esses conceitos podem ser trabalhados em sala pois contrastam com nossas noções intuitivas, “clássicas”, de espaço e de

tempo. Sistemas planetários, forças de maré, gravitação e viagens espaciais, e todas as problemáticas envolvidas nessas viagens, podem ser extensivamente discutidos.

Num enfoque CTS, pode-se discutir a problemática principal do filme: num contexto de crise de produção de alimentos, o que a humanidade deveria fazer? Será que buscar novos planetas para habitar é um caminho? Qual a importância de se investir em ciência e tecnologia numa crise como essa? E será que só investir em ciência e tecnologia basta para resolução dos problemas? Essas e outras perguntas podem ser trabalhadas em aulas, explorando as integrações da sociedade, ciência, tecnologia, ambiente e ação política.

O filme permite ainda a discussão sobre a natureza da ciência e a visão de cientista, uma vez que, assim como diversos outros filmes do gênero ficção científica, retrata o cientista como um “gênio” solitário, trabalhando quase ou totalmente sozinho. Ao mesmo tempo, mostra como a paixão, o encanto pelo desconhecido, pode ser um motivador para a ciência, afastando o estereótipo de cientistas como pessoas movidas por uma racionalidade apática.

3.2 TENET (2020)

Tenet (2020) é um filme de espionagem e ação que explora um cenário onde um material cuja “entropia corre ao contrário” é criado. No filme, as consequências da existência desse material são surpreendentes e produz cenas de ação de difícil compreensão, que misturam objetos “indo” e “vindo” no tempo, envolvendo diversos loops temporais e planejamentos de ações que precisam pensar simultaneamente o passado e o futuro. Tenet inova no gênero “viagem temporal”, por um caminho até então inédito. Ao invés de uma máquina do tempo ou um portal cósmico, a descoberta/invenção de um material que inverte a “seta do tempo”.

Entropia é um conceito físico que descreve o “caminho natural” de um sistema termodinâmico (ver por exemplo (ÇENGEL; BOLES, 2011)). Por exemplo, o calor flui sempre de um corpo quente para um frio, nunca ao contrário. Um gás liberado de seu compartimento vai se espalhar por todo o ambiente, mas não volta espontaneamente para o compartimento. Para qualificar e quantificar essas transformações, foi criado no séc. XIX o conceito de entropia, no qual processos espontâneos só acontecem se a entropia total do sistema aumenta. Processos espontâneos de redução de entropia seriam impossíveis².

² Diminuição de entropia em um sistema pode acontecer, desde que compensada por um aumento de entropia igual ou maior no ambiente externo ao sistema analisado.

Esse conceito fez muitos cientistas associarem o aumento de entropia ao tempo: se a entropia de qualquer sistema sempre aumenta, então podemos entender entropia como a quantidade que define um caminho natural, do passado para o futuro, para qualquer processo físico (LEBOWITZ, 1993).

Criado num contexto de revolução industrial onde se buscava a maior eficiência das máquinas e o que uma máquina térmica poderia ou não ser capaz de fazer, o conceito de entropia se expandiu para também contemplar relações de transmissão de energia em cadeias biológicas e até mesmo na computação, onde preservar informação numa transferência de dados é importante. O filme permite se discutir em sala de aula diversos aspectos desse conceito e as implicações caso um material como o do filme pudesse ser criado. Também pode-se discutir aspectos mais gerais sobre o que é o tempo ou o que faz o passado diferente do futuro.

3.3 DR. STONE (2019)

No universo de Dr. Stone um evento misterioso petrifica todas as pessoas da Terra. Senku, o personagem principal da trama, consegue se libertar depois de mais de 3500 anos, por ter sido arrastado para as proximidades de uma caverna que continha guano de morcego em abundância. Após tanto tempo as cidades se deterioraram, animais de zoológico fugiram e a natureza tomou conta de todo o espaço urbano. Nesse novo ambiente o objetivo de Senku passa a ser reconstruir a civilização e devolver a ela o status de desenvolvimento tecno-científico da contemporaneidade.

Cada problema enfrentado gera uma resposta criativa e tecnológica de Senku como: polias, eletricidade, macarrão instantâneo, sabão, telefones e sulfas; feitas com materiais encontrados nessa nova natureza. Através do nital, Senku consegue libertar outras pessoas e o próprio convívio se torna um desafio.

Um dos grandes conflitos da trama é o questionamento: todas as pessoas merecem ser despetrificadas? Não seria melhor libertar apenas as pessoas consideradas boas nessa oportunidade de recomeçar o mundo? De acordo com o antagonista da trama, Tsukasa, um mundo primitivo não poderia sustentar uma grande população; pensamento que dialoga com a Teoria Malthusiana. Assim, ele acredita que deveriam escolher poucas pessoas, em especial jovens de bom caráter, enquanto Senku deseja salvar todos.

Esse anime escatológico apresenta a perspectiva do acúmulo de técnicas e conhecimentos. Essa visão dialoga com a de Thomas Khun, físico e filósofo da ciência, que versa sobre o desenvolvimento da ciência através da condensação de conhecimentos e das necessárias rupturas de paradigmas quando as ideias em voga não conseguirem mais responder aos problemas criados.

Dr. Stone traz não apenas a possibilidade de discussão de abordagens MacGyver³ da química e da física, mas pelas discussões éticas que propõe e pelas questões levantadas sobre a necessidade e importância da ciência. A discussão sobre “quem merece ser despetrificada”, bastante central no anime, pode ser colocada em paralelo com outras questões socio-científicas contemporâneas como o desenvolvimento de medicamentos de alto custo para doenças letais ou as consequências das mudanças climáticas que afligem muito mais os menos favorecidos.

3.4 BUNNY GIRL SENPAI (2018)

Esse popular anime escolar acompanha a “síndrome da puberdade” de algumas estudantes. De formas diferentes, essas estudantes estão ligadas ao protagonista Sakuta, que também passou pela síndrome. A amiga de Sakuta do clube de ciências, Futaba Rio, não acredita nessa síndrome e sempre fornece explicações científicas alternativas ao que está acontecendo. O anime possui uma abordagem pouco convencional por tratar questões sociais como bullying e cyberbullying, exclusão, popularidade, conflitos familiares e saúde mental através de analogias científicas quase literais.

Duas das discussões científicas muito enriquecedoras são as envolvendo Sakurajima Mai e Koga Tomoe. Sakurajima era uma atriz mirim que quando parou de atuar nas novelas começou a se tornar invisível para as pessoas. A personagem Futaba relaciona o fenômeno com a teoria da medição, mencionando inclusive o famoso experimento mental conhecido como “gato de Schrödinger”.

Quando se utiliza o termo “observação” na física, está implícita a palavra interação. Seja através dos sentidos, como a visão, que necessita da interação de ondas eletromagnéticas (a luz visível) com o material, da absorção, reflexão e interação com os nossos olhos ou através de equipamentos que realizam medições, observar é interagir. Desse modo, também pode-se fazer uma interpretação social da situação, na qual Sakurajima se sente excluída, ela se torna invisível por ninguém a observá-la, ou em outras palavras, por não interagirem com ela.

Koga Tomoe morava em uma cidade do interior e mudou completamente seu estilo para se adaptar e ser mais popular na nova escola. Pode-se depreender que esse processo de mudança de cidade e adaptação aos novos círculos sociais gerava muita ansiedade e exigia que Tomoe sempre estivesse conectada aos mais diversos assuntos para manter sua popularidade. Imersa nesse ambi-

³ MacGyver era um personagem de uma série de TV dos anos 1980/1990 que resolvia problemas complexos pela construção de equipamentos e armadilhas utilizando materiais cotidianos (https://pt.wikipedia.org/wiki/Angus_MacGyver).

ente desgastante de tentar se preparar para qualquer situação social, ela acabou adquirindo a habilidade de prever o futuro, levando acidentalmente Sakuta para suas visões devido a um emaranhamento quântico, de acordo com Futaba.

Sakuta, por sua vez, via o mesmo dia sempre se repetindo, como um aparente loop temporal. A explicação de Futaba convence-o de que isso seria pouco provável e que seria mais fácil prever o futuro, como o demônio de Laplace. De acordo com ideias deterministas, desde que fossem conhecidas as posições iniciais de todas as partículas do universo e fosse possível calcular em um tempo ínfimo todas as suas interações, seria possível prever a evolução desse sistema, ou seja, prever o futuro. A criatura com essas notáveis habilidades matemáticas ficou posteriormente conhecida como demônio de Laplace, devido ao criador do experimento mental Pierre Simon Laplace.

O anime permite explorar esses diversos conceitos da física contemporânea através de analogias muito interessantes de anseios sociais de estudantes adolescentes. Considerando os exemplos do gato de Schrödinger e do demônio de Laplace, é possível explorar a importância de experimentos mentais na construção da ciência, quando os equivalentes experimentos reais são impossíveis ou impraticáveis. Também permite discussões de filosofia da ciência, como determinismo e probabilismo, as implicações desses conceitos para nosso entendimento sobre o mundo e como essas ideias estão relacionadas às físicas chamadas clássica e moderna.

3.5 PUELLA MAGI MADOKA MAGICA (2011)

Em Madoka Magica uma raça alienígena usa a energia emocional/psíquica de meninas adolescentes da Terra para gerar energia para seu planeta. Kyubey, um indivíduo dessa raça alienígena, cria situações para que essa emoção seja amplificada, para ter a maior produção de energia possível, sem que as meninas saibam que estão sendo usadas num estratagema.

O anime permite a discussão sobre fontes de produção de energia, usinas nucleares (uma vez que é possível entender a manipulação de Kyubey como um processo de “enriquecimento” radioativo e processos de reação em cadeia) e entropia, que é mencionado algumas vezes nos episódios. Também permite explorar como a categoria *energia* aparece na física e em outros contextos. Por exemplo, o termo energia psíquica é utilizado na psicanálise (JUNG, 2011) de maneira análoga ao conceito de energia na física. É também comum se ouvir o termo *energia vital*, as vezes até associado a contextos exotéricos. Explorar os diferentes conceitos de energia e como eles se relacionam, particularmente no anime Madoka Magica, pode gerar um melhor entendimento, por contraste, do conceito físico de energia.

3.6 THOR (2011)

O primeiro filme de Thor (2011) utiliza como conceito explicativo para a vinda do herói para a Terra um *buraco-de-minhoca* (ou ponte de Einstein-Rosen), uma deformação do Espaço-Tempo que poderia, em teoria, conectar pontos distantes do universo ou mesmo, em algumas teorias mais especulativas, de outro universo. O buraco-de-minhoca no filme é apresentado como a explicação científica para a ponte de Asgard ou Bifrost, elemento da mitologia nórdica que conectaria o reino de Asgard com os nove reinos (incluindo a Terra), e que é criada pelos deuses. Já no segundo filme, Thor: O Mundo Sombrio (2013), os efeitos visuais da cena em que Jane e Thor utilizam a ponte para chegar até Asgard são impactantes e memoráveis, já que a personagem pôde vivenciar aquilo que estudou por anos.

Thor faz parte do universo cinematográfico da Marvel Comics, que consiste em adaptações cinematográficas de enorme orçamento para histórias já famosas dos quadrinhos, outro nicho cultural que movimenta grande número de fãs.

Entender a explicação científica para a Bifrost (o *buraco-de-minhoca*) apresentada no filme pode ser um forte mobilizador para motivar o interesse do estudante em temas da Relatividade Geral (RG) de Einstein. A RG pode ser entendida como um avanço conceitual na teoria da gravitação de Newton, então contrastar as duas e compreender o que é a gravidade a partir das duas perspectivas é um caminho interessante. Discutir a possibilidade de outros universos, e daí entrar em áreas mais contemporâneas da física, como Teoria de Cordas ou Cosmologia, também é uma possibilidade, se o professor tiver algum conhecimento sobre isso.

No entanto, há uma outra discussão extremamente interessante: a conexão entre ciência e religião. No livro Perfil do Futuro o escritor de ficção científica Arthur C. Clarke escreve que “qualquer tecnologia suficientemente avançada é indistinguível da magia”. O filme explora a possibilidade de que os antigos nórdicos, que explicavam a conexão com os deuses por uma ponte mágica, simplesmente não tinham o conhecimento adequado para compreender do que se trata a ponte. A partir do paralelo Bifrost/Ponte de Einstein-Rosen, suscita-se a discussão sobre o que faz um conhecimento ou saber ser classificado como ciência, e se conhecimentos religiosos podem ser também científicos.

3.7 HOMEM-ARANHA: LONGE DE CASA (2019)

Na trama, surge um novo vilão, Misterio, um ex-funcionário das Indústrias Stark que se revolta com a desvalorização de seu trabalho por Tony Stark. Após a morte de Stark, ele se reúne com outros

ex-funcionários das Indústrias Stark para atacar o Homem-Aranha com um sistema de drones e tecnologias holográficas (E.D.I.T.H). E aqui se abre a discussão sobre os limites do público e do privado.

Um único indivíduo, o Homem de Ferro, era dono de tecnologias altamente destrutivas. Por estas serem posse de um dos heróis do Universo Marvel, o espectador não imagina que esses equipamentos possam ser usados para o mal. No entanto, bastou um grupo de pessoas tomar o controle dessas tecnologias para mostrar que tecnologias extremamente avançadas nas mãos de uma ou de poucas pessoas pode provocar um desequilíbrio de forças e um potencial destruidor.

Voltando para nosso mundo real, cada vez mais empreendimentos tecnológicos de grande porte, como exploração espacial e as redes de comunicação, vêm passando da esfera pública para empresas privadas, ficando submetidas ao controle quase ou totalmente arbitrário de poucos indivíduos extremamente ricos. Essa realidade fornece cenário para se debater até que ponto o interesse privado pode determinar como e quando essas tecnologias serão utilizadas, como ou se governos ou outras organizações da sociedade devem intervir no avanço científico e tecnológico e quem deve usufruir dos resultados dessas tecnologias.

4 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para além da visão pragmática e indiferente a respeito das ciências e de cientistas, verificamos a importância das preocupações humanas, imaginação, estética e trabalho coletivo. Partindo desse ponto, evidencia-se a importância de dialogar mais a respeito dos anseios humanos, como forma de trabalhar as ciências. Infelizmente, a prática educacional no ensino de ciências ainda está demasiadamente restrita a conceitos abstratos, distantes do universo conceitual/cultural dos estudantes. Não apenas isso, a ciência é muitas vezes trazida à sala de aula de uma forma extremamente utilitarista, desapaixonada e desafetuosa. Mesmo quando é apresentada conectada ao “mundo real”, isso muitas vezes é feito apresentando a ciência como uma ferramenta para se compreender tecnologias ou realizar ações (muitas vezes laborais) de maneira mais eficaz (mais “inteligente”). Assim, faz-se necessário resgatar os outros aspectos da ciência, os quais frequentemente são mais facilmente identificados na arte, como a beleza, a criatividade, o prazer e a imaginação.

Diante do fato que o universo dos filmes, séries e animações mobiliza intensamente as emoções de estudantes, a ponto de muitas vezes fundirem a própria identidade a determinadas obras ou personagens, é interessante manter um olhar atento a como essas obras podem ser usadas para reaproximar, através da esfera afetiva e filosófica, estudantes do Ensino Médio da física e das outras ciências.

Obras culturais possuem a capacidade de se comunicarem com as experiências e emoções dos telespectadores, conectando pessoas de diferentes lugares do mundo e apresentando novas vivências e possibilidades. Essa trama de interações é responsável pela criação de *fan-bases*, também conhecidas como *fandoms* (do inglês *fan kingdom*, reino dos fãs), que possibilitam que o indivíduo assuma uma identidade que é parte de algo muito maior. Antes viabilizadas por encontros para troca e venda de HQs ou outros materiais, hoje os *fandoms* também contam com o apoio de diversas plataformas digitais e até aplicativos exclusivos para a criação de fã clubes.

Imerso em sua comunidade o fã também assume uma postura ativa, se engajando em eventos e atividades criativas como redigir histórias envolvendo o universo e personagens que admira, as *fanfics* (do inglês *fanfiction*, ficção de fã), desenhando *fanarts* (artes de fã) ou criando vestuários e interpretando seus personagens favoritos com os *cosplays* (do inglês *costume and play*, fantasiar e atuar). Simultaneamente, nos fóruns de discussão podem ser encontrados debates profundos, que exigem uma grande capacidade de observação, interpretação, conexão de fatos e habilidade crítica; para que cenas possam ser analisadas, contextualizadas e correlacionadas com o mundo contemporâneo e experiências pessoais. Tais habilidades são fundamentais na discussão científica e nelas residem o grande potencial enriquecedor que pode ser utilizado no contexto educacional.

Uma vez que o espaço de obras culturais é ilimitado e novas produções surgem a todo momento mobilizando antigos e novos fãs, o trabalho aqui descrito também permite possibilidades inesgotáveis de continuidade. Basta para isso pessoas interessadas em explorar como as suas obras favoritas podem ser debatidas para se mobilizar conexões com as ciências.

OS AUTORES

Daniel Ordine Vieira Lopes

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Formosa/Departamento de Áreas Acadêmicas
daniel.ordine@ifg.edu.br

Rogério Ferreira Xavier

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Formosa/Departamento de Áreas Acadêmicas
rogerio.xavier@ifg.edu.br

Geovana Almeida Miranda Sant'Ana

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Formosa/ Técnico Integrado em Biotecnologia – PIBIC-EM
geovana.sant@estudantes.ifg.edu.br

Maria Clara Silva Cruz

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Formosa/ Bacharelado em Engenharia Civil – PIBIC
maria.cruz@estudantes.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

ÇENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. *Thermodynamics: an engineering approach*. 7. ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2011.

JUNG, Carl G. *A energia psíquica*. Petrópolis: Vozes, 2011.

LEBOWITZ, Joel L. Boltzmann's Entropy and Time's Arrow. *Physics Today*, v. 46, n. 9, p. 32–38, set. 1993.

LINSINGEN, Luana Von. Mangás e sua utilização pedagógica no ensino de Ciências sob a perspectiva CTS. *Ciência & Ensino*, v. 1, n. especial, p. 9, 2007.

LUZÓN, María J. Public Communication of Science in Blogs: Recontextualizing Scientific Discourse for a Diversified Audience. *Written Communication*, v. 30, n. 4, p. 428-457, 1º out. 2013.

MOREIRA, Marco A. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Ed. UnB, 2006.

MOREIRA, Marco A.; MASSONI, Neusa T. Visões epistemológicas contemporâneas: uma introdução. *Textos de apoio ao professor de física*, v. 22, n. 4, 2011.

PESSOA JR., Osvaldo. *Determinismo e probabilidade – questão: a natureza é determinista ou há eventos sem causa suficiente?* 2019. Disponível em: <https://opessoa.fflch.usp.br/sites/opessoa.fflch.usp.br/files/FiFi-19-Cap14.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2023.

PIASSI, Luís Paulo. *Contatos: a ficção científica no ensino de ciências em um contexto sócio cultural*. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PIASSI, Luís Paulo; PIETROCOLA, Maurício. Possibilidades dos filmes de ficção científica como recurso didático em aulas de física: a construção de um instrumento de análise. In: Encontro de Pesquisa em ensino de Física, 10., 2006, Londrina. *Anais...* São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2006. p. 1-11.

PIASSI, Luís Paulo; PIETROCOLA, Maurício. Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de “encontrar erros em filmes”. *Educação e Pesquisa*, v. 35, n. 33, p. 525-540, 2009.

SILVEIRA, Fernando L. da. Determinismo, previsibilidade e caos. *Caderno Catarinense de ensino de Física*, v. 10, n. 2, p. 137-147, 1993.

VIGOTSKI, Lev. *Psicologia pedagógica*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VIGOTSKI, Lev. *Psicologia, educação e desenvolvimento*. São Paulo: Expressão Popular, 2021.

VYGOTSKI, Lev. S. *Obras escogidas*. 2. ed. Madrid: A. Machado Libros, 2006. v. IV

CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS, LETRAS E ARTES



Concepções e práticas de Extensão no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás no período 2018 a 2021

11

Thaís Lemos de Freitas Oliveira
Lorena Silva Oliveira Costa
Maria Conceição Nara Clariano
Beatriz Pereira de Moraes
Gleicy Kelly Lemes Santana

Resumo

Esta pesquisa analisou as ações de Extensão desenvolvidas nos campi e na Reitoria do IFG no período de 2018 a 2021, a fim de mapear suas características e concepções de Extensão. A análise ocorreu em documentos do IFG que tratam sobre Extensão e nos planos de trabalho e relatórios de ações realizadas, tramitadas no Suap e com acesso público. Foram investigados dados gerais das ações como: campus proponente, modalidades de Extensão, público-alvo, perfil dos(as) coordenadores(as), participação de estudantes e membros da comunidade externa e principais linhas temáticas envolvidas. Também buscou-se identificar, tanto na legislação institucional quanto nas ações realizadas, as concepções de Extensão, à luz do conceito de Extensão assumido pela Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. A partir de categorias de análise (ênfase culturalista, ênfase

utilitarista/assistencialista, ênfase mercantilista e ênfase crítica/dialógica), os resultados indicaram o predomínio de ações de Extensão com ênfase culturalista (44%) e assistencialista (37,5%). Ações críticas/dialógicas corresponderam somente a 18% das análises, demonstrando que as ações se centraram na difusão de conhecimentos e no assistencialismo às comunidades. Apesar das diretrizes institucionais da Extensão preconizarem o impacto e a transformação social, destacou-se a baixa ocorrência de ações vinculadas à promoção do desenvolvimento socioeconômico local, de atuação junto a comunidades em situação de vulnerabilidade social e grupos identitários. É preciso também avançar na articulação da Extensão com o ensino, para proporcionar a mais estudantes a oportunidade de desenvolverem ações de Extensão, uma vez que a presença deles se mostrou reduzida nas ações realizadas.

Palavras-chave: Concepções de Extensão. Dialogicidade. Impacto social.

1 INTRODUÇÃO

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), por meio de sua expansão no Estado de Goiás ao longo dos últimos anos, em consonância com a expansão da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPT) no país, principalmente a

partir dos anos 2000, tem representado a possibilidade de acesso dos cidadãos à educação tecnológica pública, em particular daqueles oriundos das classes trabalhadoras. Essa expansão, configurada na estrutura multicâmpus, fez com que a instituição ampliasse suas formas de atuação e o seu papel social, possibilitando-lhe contribuir para o desenvolvimento local dos municípios nas diferentes regiões do Estado em que os campi foram sendo instalados. A atual composição e distribuição de seus 14 câmpus permitem que diferentes realidades possam ser confrontadas e vivenciadas pela instituição, desafios que se colocam para o cumprimento de sua função social, definida como a de:

constituir-se e a de enraizar-se enquanto instituição pública, universal, gratuita, inclusiva, democrática, laica e qualitativamente referenciada, estruturada na indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão e na formação integrada, bem como nos princípios da territorialidade e da verticalização como forma de responder às demandas dos arranjos produtivos e socioculturais locais e regionais (IFG, 2018a, p. 13).

A concretização deste compromisso institucional assumido politicamente para contribuir com o desenvolvimento local, por meio da atuação junto aos inúmeros arranjos produtivos e socioculturais, depende de um diálogo com a realidade que a cerca, superando as fronteiras dos muros institucionais para reconhecer as concretas demandas vivenciadas pelas comunidades de seu entorno.

Neste sentido, a pesquisa aqui relatada teve por objetivo maior compreender como se dá o diálogo do IFG com a comunidade externa por meio das ações de Extensão. Uma vez que o IFG assume a Extensão como instrumento para “promover a democratização e a socialização do conhecimento produzido e/ou acumulado pelo Instituto” (IFG, 2018b, p. 38), foram realizados dois movimentos investigativos: mapear os tipos e características das ações de Extensão que têm sido realizadas ao longo dos anos no IFG e compreender quais as concepções de Extensão que embasaram as proposições, à luz das diretrizes da Extensão, presentes nos documentos oficiais da instituição. Tais movimentos culminaram na elaboração de dois projetos de iniciação científica, ambos aprovados pelos Editais IFG n. 16 e n. 17/2021-PROPPG, com a seleção de 2 (duas) bolsistas PIBIC-EM e 1 (uma) bolsista PIBIC. A partir desse olhar sobre as práticas extensionistas acredita-se ser possível estabelecer algumas relações entre o perfil das ações realizadas e as formas de diálogo empreendidas com a comunidade, no sentido de contribuir para com o debate sobre a importância da Extensão na afirmação e concretização da função social do IFG, e na intersecção com as atividades de pesquisa e de ensino, como por exemplo no caso da curriculização da Extensão, cujos desafios se apresentam ao horizonte institucional.

Falar de Extensão não é algo tão simples, pois existem diferentes concepções para o conceito, as quais estão fortemente relacionadas às práticas históricas de Extensão que têm sido desenvolvidas principalmente pelas Universidades, locais em que hegemonicamente as práticas extensionistas se deram ao longo da história da Educação. Para além de seu papel na transmissão e produção do conhecimento, historicamente a Universidade também foi assumindo “a função de socializar o saber que produz e, desta forma, é também responsabilizada pela integração social dos indivíduos” (SOUSA, 2010, p.13), daí emergindo a Extensão Universitária como essa possibilidade de “estender” o conhecimento para além dos seus muros.

Ao longo deste processo histórico vivenciado pelas instituições de Educação, diferentes concepções de Extensão permearam as práticas desenvolvidas, destacando-se: a Extensão enquanto formação técnica e continuada da comunidade; a Extensão como prestação de serviços; a Extensão como possibilidade de atuação política dos estudantes nas comunidades, principalmente as mais carentes; a Extensão como promoção cultural, artística, cívica e desportiva; Extensão cultural para o desenvolvimento e emancipação de classes populares; Extensão assistencialista; Extensão para venda de produtos e serviços (subordinada ao mercado), etc. (SOUSA, 2010). Verifica-se que é um campo conceitual multifacetado, produzido em resposta às diferentes disputas no campo educacional, político, social, cultural e econômico, em cada momento histórico. São concepções construídas à luz do papel atribuído à Educação e ao papel estratégico das instituições de ensino na transformação da sociedade.

Em relação às atividades de Extensão praticadas na RFEPCT, Freire, Verona e Batista (2018, p. 16), afirmam que “as atividades de extensão comumente são pensadas como prolongamento da sala de aula e na defesa de uma certa ‘transferência de tecnologia’ em que a dimensão sociocultural se encontra subsumida aos ‘arranjos produtivos locais’”. Acaba predominando, nesse sentido, uma atuação desconexa da realidade concreta.

Na aproximação com o entorno do ambiente acadêmico, ainda e porque entendido enquanto simples entorno, perpetua-se a fala dos especialistas sobre uma realidade que se evita conhecer e adentrar de fato, uma vez que é complexa, múltipla e avessa às especializações e não compreensível apenas pela lógica de mercado (FREIRE; VERONA; BATISTA, 2018, p.16).

Por isso mesmo, as práticas de Extensão vão se materializando de formas muito diferentes, embora tenha se buscado construir um consenso dentro desta diversidade, como por exemplo, por meio de orientações presentes no Estatuto das Universidades Brasileiras, de 1931, que caracterizava a Extensão como o organismo da vida social da Universidade; na Constituição de 1988, que traz a

indissociabilidade entre Ensino, Pesquisa e Extensão e nos documentos e discussões produzidas pelo Fórum Nacional de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras (FORPROEX), criado em 1987, que se configurou no principal interlocutor das questões da Extensão universitária brasileira (SOUSA, 2010).

Considerando esse percurso histórico da Extensão e o movimento de constituição de um caráter mais dialógico e emancipatório para a atuação institucional nas comunidades, esta pesquisa buscou caracterizar alguns caminhos trilhados pela Extensão no IFG, elucidando as formas de diálogo estabelecidas com as comunidades por meio das práticas desenvolvidas. Considera-se que, uma vez que a instituição assume como princípios fundamentais do processo educativo a dialogicidade, a formação humana integral e omnilateral, a emancipação dos sujeitos e atuação crítica na sociedade, as políticas e ações de Extensão também devem ser orientadas por estes mesmos princípios. Mas será que isso ocorre na prática?

Com o intuito de elucidar estas questões, a pesquisa procurou responder à seguinte questão básica: considerando os documentos institucionais que orientam as políticas de Extensão no IFG bem como as ações de Extensão desenvolvidas nos campi no período de 2018 a 2021, quais as características e concepções de Extensão presentes e hegemônicas, que poderiam caracterizar as práticas extensionistas desta instituição junto à comunidade externa? E neste movimento, procurou perseguir os seguintes objetivos:

- Identificar, nos documentos institucionais do IFG e da RFEPECT que tratam sobre Extensão, as modalidades de Extensão assumidas pela instituição;
- Mapear as ações realizadas, identificando: a distribuição entre os câmpus, as categorias de Extensão predominantes, os proponentes, a participação de estudantes e da comunidade externa como proponentes, bem como as principais temáticas envolvidas;
- Caracterizar as principais concepções de Extensão que orientam as práticas extensionistas nas instituições de ensino brasileiras ao longo da história;
- Identificar as concepções de Extensão assumidas pelos documentos institucionais e as que se mostram hegemônicas nas ações Extensão realizadas.

O IFG, como espaço de sistematização e produção do conhecimento e de formação humana, capaz de promover o bem-estar e a justiça social, enfim, a transformação necessária da sociedade, uma vez assumindo uma concepção educativa comprometida com o desenvolvimento das comunidades, prescinde de ações extensionistas cujo ponto de partida seja o contexto e a realidade dessas comunidades. Por isso, a ação dialógica se faz tão necessária, pois

permite superar as perspectivas de adestramento, treinamento, acomodação, que não permitem a construção de conhecimentos realmente significantes, aqueles que possibilitam compreender e transformar as realidades (FREIRE, 1983). Por compreender-se ser este o papel emancipatório da Extensão na relação do IFG com a comunidade, é que se faz necessário investigar os rumos das práticas extensionistas e as concepções que as têm guiado, em um exercício de “desvelamento” da realidade concreta, a partir da qual se poderá refletir e problematizar sobre novos caminhos e possibilidades.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa teve como objeto de análise as ações de Extensão desenvolvidas nos câmpus e Reitoria no período de 2018 a 2021, utilizando-se a Análise Documental como fonte primária de coleta e análise de dados. A seleção das ações que seriam analisadas se deu a partir do acesso inicial aos Relatórios de ações cadastradas, produzidos pela Pró-Reitoria de Extensão (PROEX) e disponibilizados na página da instituição.

Os documentos foram analisados tendo como pressuposto metodológico a Análise de Conteúdo de Bardin (2004), cujo “corpus” se constituiu de:

- a) Plano de Desenvolvimento Institucional do IFG (PDI) e Projeto Político-Pedagógico Institucional (PPPI);
- b) Resolução IFG/CONSUP n. 24/2019 (Regulamento das Ações de Extensão);
- c) Relatórios de ações de Extensão produzidos pela PROEX, publicados na página da instituição;
- d) Planos de Trabalho e/ou relatórios de ações de Extensão realizadas, tramitadas de forma eletrônica pelo SUAP (Sistema Unificado de Administração Pública) e com acesso público para consulta.

Da análise realizada nos relatórios da PROEX foi obtida uma lista de 199 ações cadastradas no período delimitado e, ao efetuar-se a busca dessas ações no SUAP, obtivemos acesso público a apenas 70 delas, nas quais realizou-se uma análise mais aprofundada. Os dados foram obtidos analisando-se o conteúdo das seguintes partes: dados gerais dos relatórios da Proex, formulário de inscrição da atividade, perfil da ação, objetivos e justificativa. No mapeamento das ações, a análise textual se concentrou nos dados gerais de apresentação da ação proposta, como câmpus, tipo de modalidade de Extensão, público-alvo, perfil dos(as) coordenadores(as), participação de estudantes e de membros da comunidade externa como colaboradores e principais linhas temáticas envolvidas.

A análise documental também buscou identificar, tanto na legislação institucional quanto nos documentos das 70 ações cadastradas no SUAP, as principais concepções de Extensão presentes e como elas se aproximam ou se distanciam do conceito de Extensão assumido pela RFEPCT. Para a sistematização e análise dos dados foram elaboradas categorias relacionadas às concepções de Extensão estabelecidas por Freire (1983), Botomé (1996), Melo Neto (2002) e Santos (2010), bem como nas diretrizes para a Extensão elaboradas pelo Fórum de Pró-Reitores de Extensão de Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (FORPROEXT), documento produzido pelo CONIF (2013). Após o estabelecimento das categorias de análise foi realizado o levantamento estatístico de sua ocorrência, discutindo-se quantitativamente e qualitativamente os resultados obtidos, à luz do referencial teórico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZANDO A EXTENSÃO NA REDE FEDERAL E NO IFG

Para Sousa (2010, p. 12), “entender a Extensão é um exercício difícil, pois a questão primária de sua concepção está sempre se impondo e impedindo o avanço rumo a outras formulações”. As divergências vão para além do campo semântico. Elas representam construções que se dão no próprio campo da educação brasileira, cujas transformações vêm refletindo as diferentes condições sociais, econômicas e políticas vivenciadas historicamente pela sociedade, que não deixaram de influenciar as políticas educacionais e dentre as quais a Extensão.

É somente a partir da década de 1980, diante da efervescência de movimentos sociais e da atuação dos profissionais da Educação no processo de redemocratização, que novas perspectivas para a Extensão começaram a ser discutidas e delineadas. Com a criação do Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Universidades (FORPROEX) em 1987, inicia-se a problematização da Extensão a fim de se discutir uma nova concepção, articulada a um processo mais amplo, em diálogo com o ensino e a pesquisa, na perspectiva da criação e ressignificação de conhecimentos e orientada por uma ação dialógica e interventiva junto à sociedade, atuando sobre suas reais necessidades. Assim, a Extensão passa a ser compreendida como:

o processo educativo, cultural e científico que articula o Ensino e a Pesquisa de forma indissociável e viabiliza a relação transformadora entre Universidade e Sociedade. A Extensão é uma via de mão-dupla, com trânsito assegurado à co-

comunidade acadêmica, que encontrará, na sociedade, a oportunidade de elaboração da práxis de um conhecimento acadêmico (FORPROEX, 1987 *apud* FORPROEX, 2012, p. 8).

No caso dos Institutos Federais (IF), a concepção de Extensão é assumida tendo como ponto de partida a concepção de Extensão Universitária reelaborada ao longo do tempo pelo FORPROEX, incorporando as diretrizes de atuação e o papel social dos IF, e assim definida como:

Processo educativo, cultural, social, científico e tecnológico que promove a interação entre as instituições, os segmentos sociais e o mundo do trabalho com ênfase na produção, desenvolvimento e difusão de conhecimentos científicos e tecnológicos visando o desenvolvimento socioeconômico sustentável local e regional (CONIF, 2013, p. 16).

Apesar das aproximações com a concepção de Extensão Universitária, a Extensão nos IF, denominada muitas vezes de tecnológica, busca uma relação mais contundente com o desenvolvimento local por meio da interação com as atividades econômicas e com o mundo do trabalho, concepção esta assumida pelo Conselho Nacional das Instituições Federais de Educação Profissional e Tecnológica (CONIF).

A extensão tecnológica da Rede Federal de EPCT tem como diferencial o atendimento aos segmentos sociais e ao mundo do trabalho com ênfase na inclusão social, emancipação do cidadão, favorecendo o desenvolvimento local e regional, a difusão do conhecimento científico e tecnológico, a produção da pesquisa aplicada e a sustentabilidade socioeconômica (CONIF, 2013, p. 20).

No IFG, os documentos oficiais incorporam os pressupostos e diretrizes para a Extensão assumidos pela RFEPCT, e assume uma perspectiva de Extensão mais crítica e dialógica, com ênfase na transformação social e na articulação com o ensino e a pesquisa apontando, em alguma medida, para um processo que impacte na formação dos estudantes.

Art. 3 [...] processo educativo, cultural, social, político, artístico, esportivo, científico e/ou tecnológico, que se articula ao Ensino e à Pesquisa de forma indissociável desenvolvido mediante ações sistematizadas voltadas às questões sociais construídas na interação dialógica entre a instituição e a sociedade, para promover o desenvolvimento local e regional, bem como possibilitar a dinamização do conhecimento (IFG, 2019).

O fortalecimento do diálogo com a comunidade, por meio da Extensão, além de contribuir com o desenvolvimento local, é reconhecido como importante instrumento para a formação dos estudantes em uma perspectiva mais crítica, pois possibilita a imersão na realidade concreta e suas contradições, e por isso ela deve, conforme Síveres (2008, p.12), ser compre-

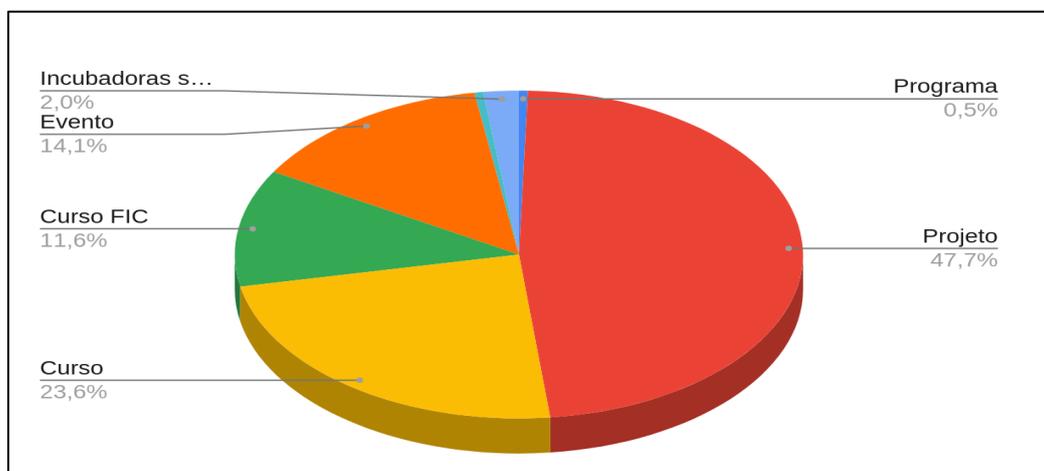
endida como um “princípio de aprendizagem” ou um “percurso aprendente”, que possa desencadear um percurso que, junto com o ensino e a pesquisa, possibilite uma aprendizagem significativa para os sujeitos envolvidos na reflexão e na prática acadêmica.

3.2 MAPEAMENTO DAS AÇÕES DE EXTENSÃO NO IFG NO PERÍODO DE 2018 A 2021

A partir da análise dos documentos institucionais, verificou-se que o IFG assume as seguintes modalidades de Extensão: *Evento*: ampliação do conhecimento de uma ou várias áreas, as quais favorecem a participação da comunidade externa e interna; *Programa*: conjuntos de ações ou/e projetos de Extensão, a médio ou longo prazo, apresentando a contínua participação da comunidade externa e interna; *Projeto*: ações de caráter orgânico institucional, por meio de um convênio ou articulação para uma comunidade específica, com prazo e objetivos bem definidos; *Curso*: ações pedagógicas práticas ou teóricas, com o objetivo de proporcionar qualificação profissional (aqui se incluem os cursos de formação inicial e continuada-FIC); *Mobilidade extensionista*: promoção de intercâmbios e cooperação institucional e internacional, como mecanismos para a melhoria do Ensino, da Pesquisa e da Extensão; *Incubadoras sociais/ Empresas Juniores*: ações estimuladoras com foco na criação de empregos e negócios inovadores; *Prestação de serviços e processos tecnológicos*: atividades desenvolvidas sob demanda, assessorias, consultorias, análises laboratoriais, produção de softwares, entre outros (IFG, 2019, grifo nosso). No Gráfico 1 apresenta-se a distribuição das ofertas destas modalidades de Extensão, considerando os 4 anos analisados.

GRÁFICO 1

Ações de Extensão realizadas no IFG entre 2018 e 2021 (por modalidade).



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Na Tabela 1, pode ser observada a distribuição mais detalhada destas ofertas, por ano e modalidade.

TABELA 1

Modalidades de Extensão desenvolvidas no IFG entre 2018 e 2021

Modalidades de Ações de Extensão	2018	2019	2020	2021	Total/modalidade
Programa	-	-	1	-	1
Projeto	27	19	40	9	95
Curso	12	18	5	12	47
Curso FIC	14	-	9	-	23
Evento	10	16	2	-	28
Prestação de Serviços	-	-	1	-	1
Incubadoras sociais/empresas juniores	-	-	2	2	4
Grupo de Extensão	-	-	-	-	-
Total/ano	63	53	60	23	199

Fonte: Sistematizada pelas autoras a partir de relatórios de Ações Cadastradas da PROEX (<http://ifg.edu.br/acoes-de-extensao>). Acesso em: out. 2021.

Estes dados mostram que algumas modalidades, como os Projetos e Cursos de Extensão, apresentaram-se como ações mais perenes na instituição, alguns com ofertas em mais de um ano, representando quase 80% das ações realizadas. É importante ressaltar que, em função da pandemia de Covid-19, muitos projetos de Extensão foram propostos especificamente para atender demandas desse período, como por exemplo, produção de álcool em gel e máscaras e ações de divulgação científica e formação da comunidade, o que pode ser evidenciado pelo aumento de projetos em 2020.

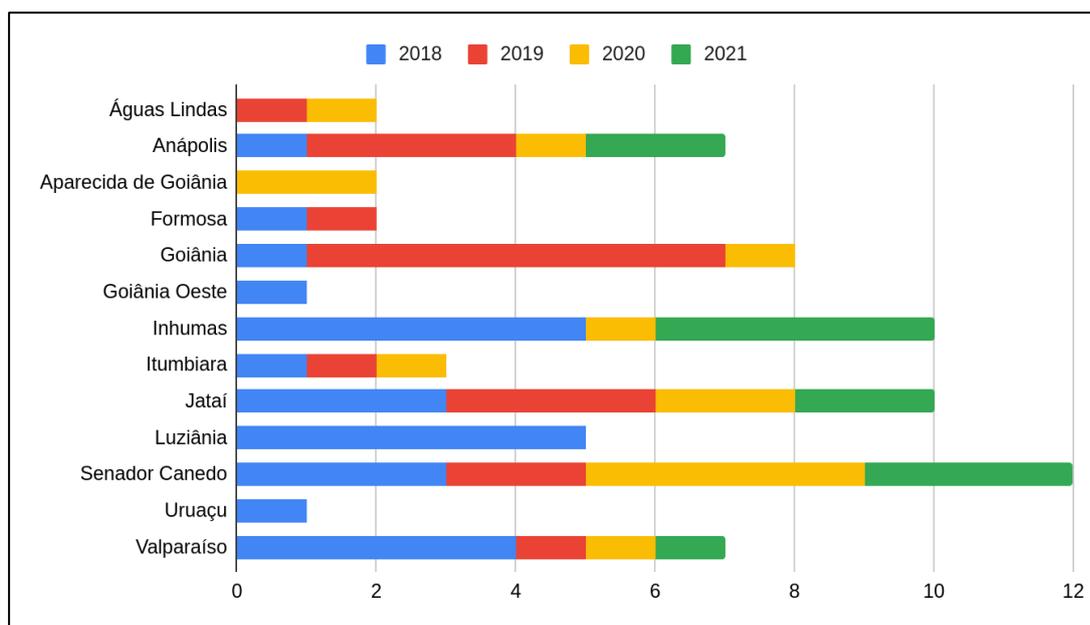
Os gráficos 2 e 3 apresentam a distribuição das ações por câmpus e Reitoria, considerando as modalidades de Extensão “Projetos” e “Cursos”, modalidades mais hegemônicas no período analisado. Os câmpus Luziânia, Goiânia e Inhumas se destacaram na oferta de Projetos, enquanto os câmpus Goiânia, Anápolis, Jataí e Valparaíso apresentaram maiores ofertas de cursos. Observa-se que a pandemia de Covid-19, a partir de 2020, trouxe impactos significativos à oferta de cursos, o que pode ser associado a dificuldades de sua realização por via remota e de acesso pela comunidade externa. Na modalidade “cursos”, foram também incluídas as ofertas cadastradas como “cursos FIC”.

Apenas em 2020 identificou-se as modalidades “prestação de serviços” e “incubadoras sociais/empresas juniores”, ofertadas pelos câmpus Anápolis, Itumbiara e Aparecida de Goiânia, respectivamente, cada câmpus com 1 oferta. Ressalta-se que o regulamento institucional sobre

Empresas Juniores foi aprovado somente em 2020, e por isso sua oferta a partir deste ano. Quanto à modalidade “Programa de Extensão”, ela também só aparece em 2020, com uma proposta do câmpus Luziânia.

GRÁFICO 2

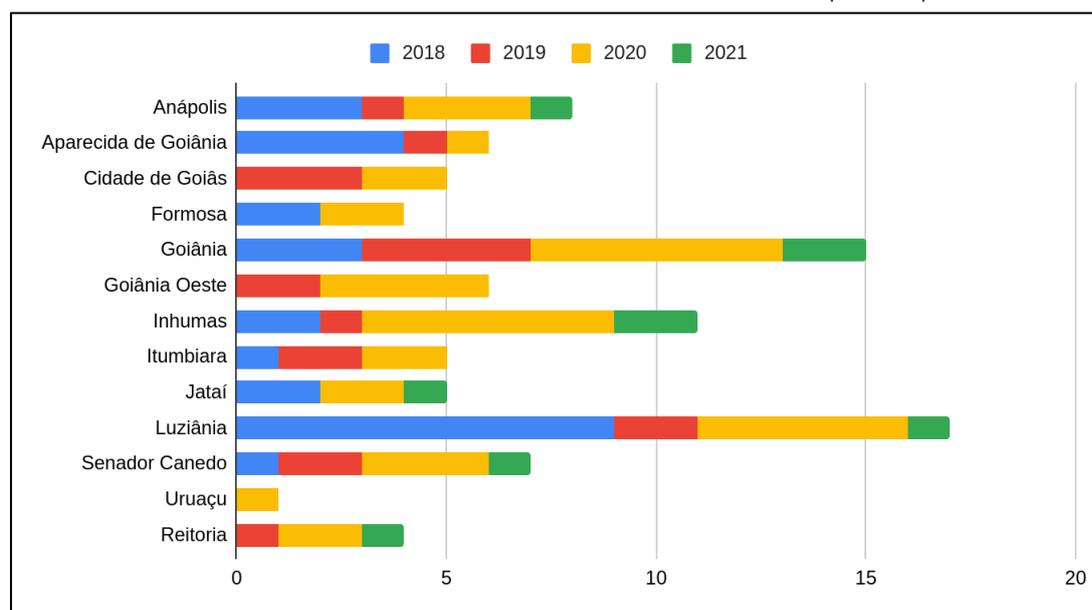
Quantidade de Projetos de Extensão desenvolvidos no IFG de 2018 a 2021, por câmpus



Fonte: Elaborado pelas autoras.

GRÁFICO 3

Quantidade de Cursos de Extensão desenvolvidos no IFG de 2018 a 2021, por câmpus



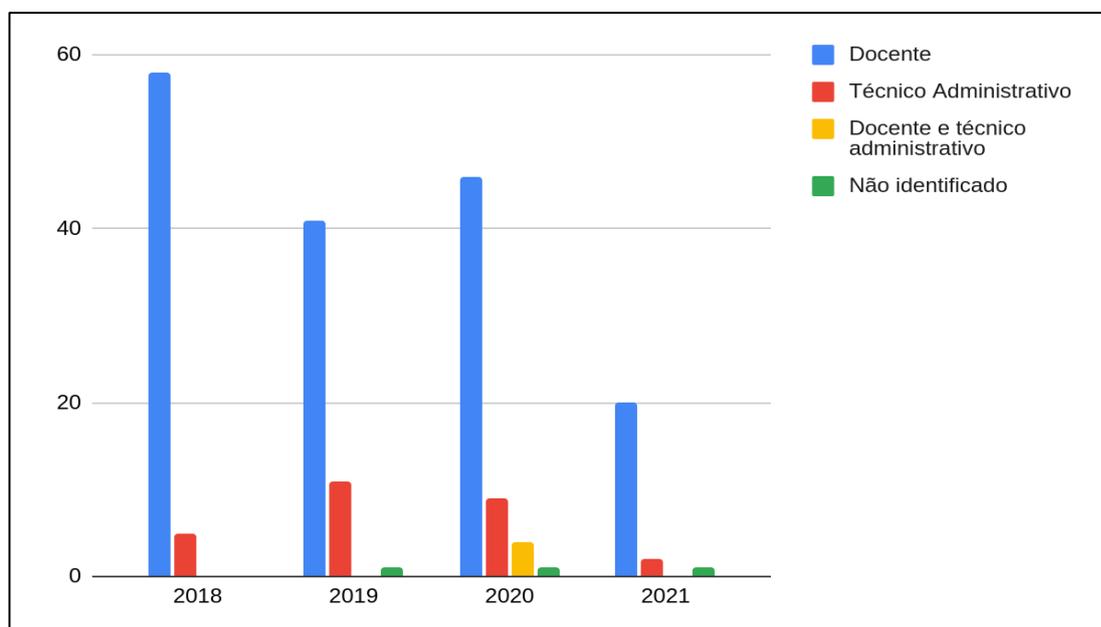
Fonte: Elaborado pelas autoras.

É importante destacar que ainda há um desconhecimento da comunidade acadêmica sobre a natureza de cada modalidade de Extensão. Ao analisar-se mais detalhadamente os documentos de várias ações realizadas, verificou-se que muitas delas, por exemplo, na ficha de caracterização da ação indicavam se tratar de um projeto de Extensão, mas, na verdade, sua natureza era a de um curso de Extensão. O mesmo ocorre com os programas de Extensão, que por se tratarem de ações mais amplas, de longo prazo e permitirem a integração de diferentes modalidades de Extensão, ainda precisam ser melhor esclarecidos, para que possam ser colocados no horizonte das ofertas por mais câmpus. Por isso, ressalta-se a importância de processos de formação continuada que incluam a Extensão nas pautas do planejamento institucional.

Em relação à coordenação das ações de Extensão, a pesquisa mapeou os proponentes por segmento docente, técnico administrativo ou discente. Não foi encontrada nenhuma ação coordenada ou proposta por discentes. Os resultados apresentados pelo Gráfico 4 mostram que a maioria das ações realizadas foram coordenadas por docentes, o que revela dificuldades institucionais para garantir as condições necessárias para que servidores(as) técnico-administrativos(as) possam contribuir com o desenvolvimento da Extensão no IFG. Da mesma forma, é preciso regulamentar a participação discente enquanto proponente das ações e incentivar o seu protagonismo.

GRÁFICO 4

Coordenadores(as) das ações de Extensão, por segmento



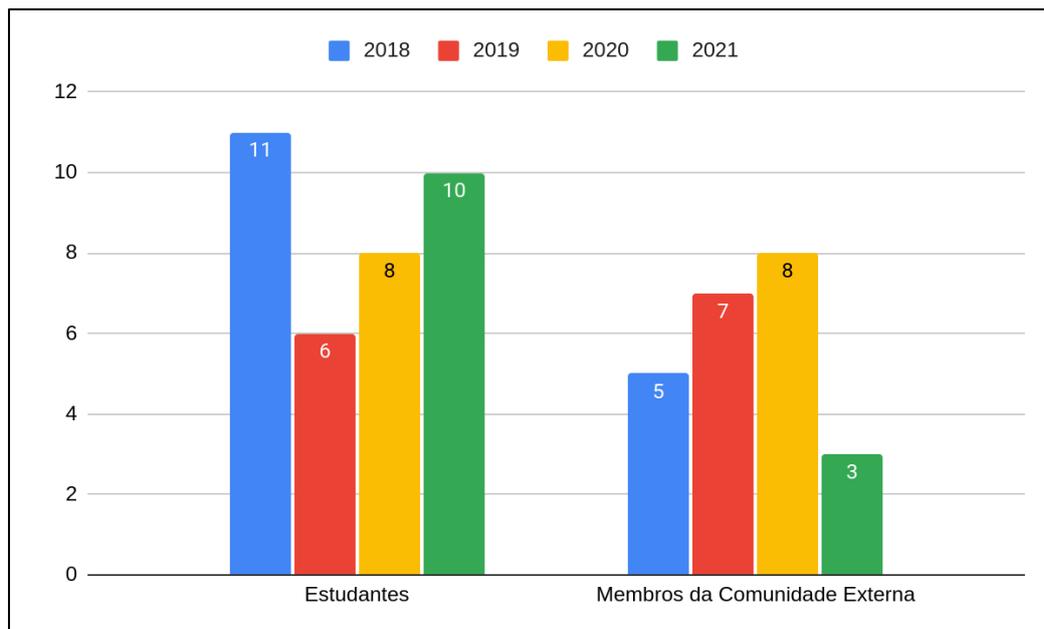
Fonte: Elaborado pelas autoras.

Nota: O campo "não identificado" se refere a ações em que não foi possível se encontrar no SUAP o nome do(a) servidor(a), para identificar a categoria.

Na análise dos 70 documentos acessados pelo SUAP, constatou-se que a participação de estudantes como colaboradores das ações de Extensão, seja como bolsistas ou voluntários, ainda é muito pequena na instituição. O mesmo ocorre com a participação de membros da comunidade externa, como egressos ou pessoas vinculadas a entidades, associações e outras instituições públicas ou privadas. Evidenciou-se, conforme se verifica no Gráfico 5, que no período da pandemia a participação de estudantes também é afetada, mas o inverso ocorre com a participação de membros da comunidade externa, que apresenta um pequeno aumento. As articulações de ações para o enfrentamento da pandemia parecem ter estimulado o necessário diálogo entre instituição e sociedade para o planejamento de ações mais coordenadas e efetivas, exigidas pela problemática enfrentada.

GRÁFICO 5

Quantidade de ações de Extensão com estudantes e membros da comunidade externa como colaboradores



Fonte: Elaborado pelas autoras.

E por fim, a análise documental buscou mapear as principais temáticas e áreas de conhecimento ou atuação que essas ações realizadas tiveram por enfoque principal. Foram utilizadas como referências as linhas temáticas previstas nos próprios formulários de cadastro de ações de Extensão da PROEX, sejam de fluxo contínuo ou previstos nos editais de fomento institucional. Os dados, sistematizados na Tabela 2, se referem às temáticas informadas nos planos de trabalho de 70 ações de Extensão realizadas. Muitas delas indicaram mais de uma linha temática.

TABELA 2

Linhas temáticas das ações de Extensão realizadas no IFG no período de 2018 a 2021.

Linhas temáticas	2018	2019	2020	2021	Total
Educação/desenvolvimento educacional e social	10	14	9	6	39
Cultura e arte	1	4	2	-	7
Promoção da saúde	2	2	4	1	9
Desenvolvimento urbano	-	-	1	-	1
Geração de trabalho e renda/apoio a empreendimentos econômicos solidários	2	2	1	-	5
Esporte e lazer	4	1	1	2	8
Tecnologia da Informação e Comunicação/Gestão da Informação	2	2	1	-	5
Inclusão produtiva/empreendedorismo/Extensão tecnológica	1	1	-	2	4
Justiça, cidadania, inclusão e direitos	1	-	-	-	1
Ciência e tecnologia para a inovação e inclusão social	3	-	1	1	5
Meio ambiente e recursos naturais	2	1	-	-	3
Produção alimentícia	-	1	-	1	2
Gestão e negócios	-	1	-	3	4
Pesca e aquicultura	1	-	-	-	1
Redução das desigualdades sociais e combate à extrema pobreza	2	-	1	-	3
Mulheres e relações de gênero	1	-	1	-	2
Segurança pública	-	1	-	-	1
Produção industrial	-	1	-	1	2

Fonte: Sistematizada pelas autoras.

Os dados da tabela mostram a maior ocorrência (cerca de 38% das ofertas nos 4 anos) de ações de Extensão vinculadas à temáticas educacionais ou desenvolvimento educacional. Muitas dessas ações foram cursos de curta duração oferecidos com o objetivo de formação mais específica ou especializada da comunidade externa, como por exemplo cursos de informática, línguas e instrumentos musicais. Em seguida tem-se ações vinculadas à promoção da saúde (quase 9% das ofertas), o que se justifica pelas ações de enfrentamento à pandemia de Covid-19 promovidas pela instituição. Outras temáticas que também se destacaram estão relacionadas ao esporte e lazer e à promoção da cultura e arte, principalmente no período anterior à pandemia. É importante destacar a baixa ocorrência de ações de Extensão vinculadas à promoção do desenvolvimento socioeconômico local, bem como atuação junto a comunidades em situação de pobreza e vulnerabilidade social.

3.3 CONCEPÇÕES DE EXTENSÃO EM AÇÕES REALIZADAS NO IFG ENTRE 2018 E 2021

A partir da análise textual das 70 ações acessadas pelo SUAP, procurou-se identificar quais as concepções de Extensão predominaram nas ações realizadas. A partir do subsídio teórico de Freire (1983), Botomé (1996), Melo Neto (2002) e Sousa (2010), foram elaboradas categorias de análise “a priori” que, após a “leitura flutuante” do documento (BARDIN, 2004), conduziram à segunda análise dos textos, como sistematizado no Quadro 1.

QUADRO 1

Categorias de análise das concepções de Extensão

Categoria (concepção de Extensão)	Características predominantes
Ênfase culturalista	<ul style="list-style-type: none"> colocar as pessoas em contato com o saber, com a cultura transmissão daquilo que a Universidade/instituição domina “invasão cultural”; não pressupõe o diálogo anterior, para levantamento das necessidades da comunidade o sujeito que transmite (proponente da ação de Extensão) é ativo e o que recebe é passivo o sujeito que recebe não é possuidor daquele saber relação de superioridade entre a instituição e a comunidade
Ênfase utilitarista / assistencialista	<ul style="list-style-type: none"> aprender a usar o saber ou a cultura para resolver problemas difusão de conhecimentos úteis à vida individual ou coletiva solução de problemas prestação de serviços assistenciais forma redentora da instituição de agir em relação à sociedade, principalmente as populações mais vulneráveis difusão técnica-científica não há preocupação com a construção da autonomia da comunidade não se baseia nas necessidades locais ou das comunidades, mas na visão do proponente da ação
Ênfase mercantilista	<ul style="list-style-type: none"> prestação de serviços com enfoque técnico-científico, assessorias comercialização de produtos e de serviços parceria público-privada formação de mão-de-obra especializada

(continua)

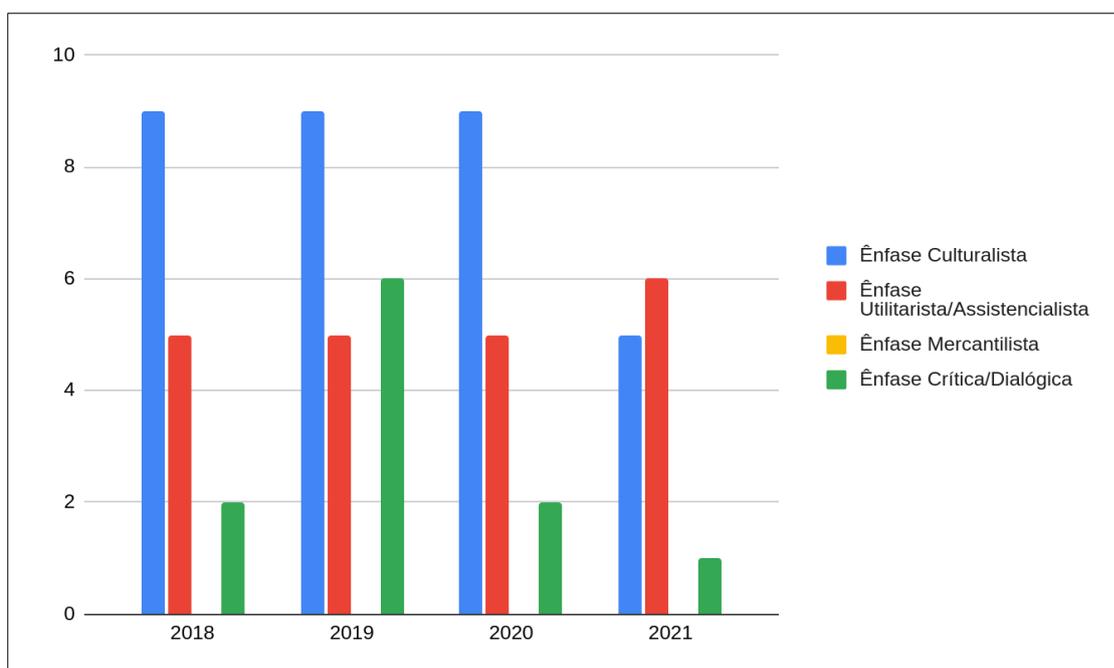
Categoria (concepção de Extensão)	Características predominantes
Ênfase crítica/dialógica	compromisso com a transformação da realidade
	diálogo com a sociedade/ via de mão dupla
	reconhecimento dos saberes locais/ troca de saberes
	emancipação dos sujeitos e das comunidades
	problematização da realidade
	construção da autonomia da comunidade
	formação da cidadania

Fonte: Sistematizada pelas autoras a partir de Freire (1983), Botomé (1996), Melo (conclusão) Neto (2002) e Sousa (2010).

A partir destas categorias, analisou-se o conteúdo documental buscando identificar no texto a ênfase mais predominante. Muitos documentos apresentavam discursos híbridos, ora pendendo a uma ênfase mais culturalista ora apresentando abordagens mais críticas. Para algumas dessas ações foi necessária a leitura dos planos e relatórios de forma integral, para ser possível identificar qual a abordagem era mais predominante. O Gráfico 6 apresenta o resultado quantitativo dessas análises.

GRÁFICO 6

Concepções de Extensão predominantes nas ações realizadas no IFG entre 2018 e 2021



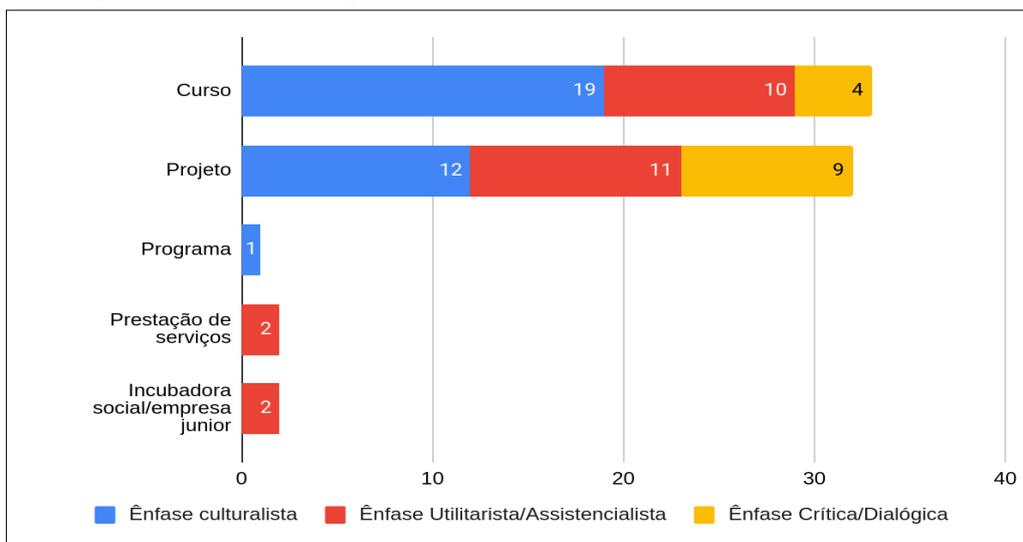
Fonte: Elaborado pelas autoras.

Os resultados indicam que predominaram no período analisado ações de Extensão com ênfase culturalista (44% das ações) e assistencialista (37,5%). Ações com caráter mais crítico e dialógico corresponderam somente a cerca de 18% das análises. Percebe-se então que, apesar das dificuldades enfrentadas pela instituição durante a pandemia, as perspectivas de Extensão ainda continuam majoritariamente centradas na difusão de conhecimentos e em uma forma de assistencialismo pragmático, sem seu envolvimento mais concreto das comunidades no processo de elaboração e execução das propostas. Apesar dos documentos institucionais assumirem a Extensão enquanto processo dialógico, na prática ela ainda ocorre distante desta concepção.

Ao serem analisadas as concepções por modalidade de Extensão, as ações com ênfase culturalista apresentaram-se mais presentes na modalidade de Extensão “cursos/cursos FIC” (Gráfico 7), que possuem caráter mais centrado na difusão e divulgação científica e cultural e na formação técnico-científica, seja ela inicial ou continuada. São perspectivas de “transferência de saberes”, aqueles que são produzidos ou de domínio institucional. Na modalidade “projetos”, percebeu-se que as concepções presentes variaram entre as ênfases pesquisadas. Destaca-se que, em 2019, por ocorrência da pandemia, as ações de combate e enfrentamento à Covid-19 demandaram ações que, por natureza, se configuraram como ações assistencialistas, como a produção de máscaras, álcool gel e equipamentos de proteção, que eram doados para a comunidade externa e diversas entidades. Também nesse mesmo contexto, foram propostos projetos com enfoque culturalista, centrados na divulgação de informações sobre a doença e sua prevenção para a comunidade.

GRÁFICO 7

Concepções de Extensão em ações realizadas no IFG no período de 2018 a 2021



Fonte: Elaborado pelas autoras.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Extensão precisa ser compreendida como elemento articulador do tripé, Ensino, Pesquisa e Extensão, e por isso mesmo, exige uma compreensão mais ampla sobre seu papel no cumprimento das funções sociais do IFG. É preciso que a prática da Extensão materialize concepções emancipatórias “superando o enfoque eminentemente centrado na difusão de conhecimento acadêmico para uma inserção maior na realidade social e política brasileira” (GADOTTI, 2007, p. 3), superando academicismos, saindo dos muros institucionais e interagindo/integrando com os saberes das comunidades. Apesar das diretrizes institucionais da Extensão preconizarem como um dos eixos norteadores o impacto e a transformação social, é preciso se avaliar como tem se dado o alcance das ações de Extensão, principalmente em áreas de grande vulnerabilidade socioeconômica e junto a minorias e grupos identitários, cujos resultados desta pesquisa evidenciaram que ainda estão pouco presentes no planejamento e execução da maioria das propostas.

Na RFEPECT, as diretrizes para a Extensão do CONIF (2013, p. 20) orientam que as práticas extensionistas devem estar articuladas com o ensino e a pesquisa a fim de poderem atender demandas tanto da comunidade interna quanto externa, “visando a compreensão e consolidação dos conhecimentos acadêmicos e populares, vinculados a uma ou mais dimensões da extensão” (CONIF, 2013, p. 20), e por isso a necessária compreensão de que a natureza da Extensão é dialógica. “Ao estabelecer uma relação dialógica entre o conhecimento acadêmico e tecnológico e a comunidade, a extensão promove a troca de saberes, numa inter-relação entre ambos” (CONIF, 2013, p. 13), de maneira que, ao responder às demandas sociais, econômicas, culturais e ambientais locais, se produza conhecimento a partir das problemáticas apontados pelas comunidades.

Além disso, é preciso avançar na articulação das ações com os processos de ensino, para que possam proporcionar a mais estudantes a oportunidade, não apenas de participar, mas de participarem da elaboração das ações de Extensão. Concordamos com Pistrak (2018), que defende que a escola seja um “centro cultural-educativo”, que amplie para além dos seus muros o seu campo de atuação, estabelecendo o que o autor chama de “atividade bilateral”, oportunizando a aprendizagem por meio do conhecimento sistematizado pela escola e pela prática social e vivência do mundo do trabalho, e ao mesmo tempo, contribuindo com a melhoria e/ou transformação da realidade. “A escola estuda a vida, a economia, o nível cultural e político de uma determinada região, do campo, aldeia, cidade, etc. Mas isso não é suficiente: ela tem que ajudar a introduzir o novo na vida, na economia, melhorá-la. Só desta maneira vai se tornar uma escola do trabalho” (SHULGIN, 2013, p. 44).

Considerando então as perspectivas presentes nos documentos analisados observou-se que, do ponto de vista conceitual, o IFG assume uma concepção de Extensão dialógica, emancipatória,

centrada no impacto social e no desenvolvimento das comunidades locais, bem como compreende a Extensão em sua dimensão pedagógica e formativa, mais ampla e integrada, envolvendo os estudantes e demais membros da comunidade acadêmica.

No entanto, a realidade impõe muitos desafios para que essa prática extensionista se faça presente de modo concreto, tanto no IFG como na própria RFEPCT, pois exige um outro olhar sobre a Extensão e uma maior compreensão sobre seu papel formativo e transformador. Transformação esta que não ocorre somente na sociedade, mas também junto aos docentes, técnicos administrativos, gestores e estudantes, ou seja, toda a instituição é desafiada a se reinventar. E por isso, revelar como a Extensão é compreendida e praticada dentro da instituição é um primeiro passo, o qual é importante para ressignificar as práticas e aprimorar o diálogo com a sociedade.

OS AUTORES

Thaís Lemos de Freitas Oliveira

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Inhumas/ Departamento de Áreas Acadêmicas
thaisa.oliveira@ifg.edu.br

Lorena Silva Oliveira Costa

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Inhumas/ Departamento de Áreas Acadêmicas
lorenna.silva@ifg.edu.br

Maria Conceição Nara Clariano

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Goiânia/ Bacharelado em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PIBI-
maria.nara@estudantes.ifg.edu.br

Beatriz Pereira de Moraes

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Goiânia/ Técnico Integrado em Química – PIBIC-EM
beatriz.morais@estudantes.ifg.edu.br

Gleicy Kelly Lemes Santana

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Goiânia/ Técnico Integrado em Química – PIBIC-EM
gleicy.kelly@academico.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. 3. ed. Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições Setenta, 2004.

BOTOMÉ, Sílvio P. *Pesquisa alienada e ensino alienante: o equívoco da extensão universitária*. Petrópolis: Vozes, 1996.

CONIF (Conselho Nacional das Instituições Federais de Educação Profissional e Tecnológica). *Extensão tecnológica: Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica*. Cuiabá/MT: Conif; IFMT, 2013. Disponível em: <https://portal1.iff.edu.br/extensao-e-cultura/arquivo/2016/extensao-tecnologica-rede-federal-de-educacao-profissional-cientifica-e-tecnologica-2013.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2021.

FORPROEX (Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras). *Política Nacional de Extensão Universitária*. Manaus, 2012. Disponível em: <https://proex.ufsc.br/files/2016/04/Pol%C3%ADtica-Nacional-de-Extens%C3%A3o-Universit%C3%A1ria-e-book.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2021.

FREIRE, Emerson; VERONA, Juliana A.; BATISTA, Sueli S. S. (org.) *Educação profissional e tecnológica: extensão e cultura*. Jundiá: Paco, 2018.

FREIRE, Paulo. *Extensão ou comunicação*. 7. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.

GADOTTI, Moacir. *Extensão universitária: para quê?* 2007. Disponível em: https://www.paulo-freire.org/images/pdfs/Extens%C3%A3o_Universit%C3%A1ria_-_Moacir_Gadotti_fevereiro_2017.pdf. Acesso em: 16 jun. 2021.

IFG (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás). *Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI 2019-2023)*. Goiânia: IFG, 2018a. Disponível em: http://www.ifg.edu.br/attachments/article/11546/PDI_IFG_2019_2023.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.

IFG. *Projeto Político Pedagógico Institucional (PPPI 2019-2023)*. Goiânia: IFG, 2018b. Disponível em: http://www.ifg.edu.br/attachments/article/11548/PPPI_IFG_2018.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.

IFG. *Resolução n. 24, de 18 de julho de 2019*. Aprova o Regulamento das Ações de Extensão do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG. Goiânia: IFG, 2019. Disponível em: <http://ifg.edu.br/attachments/article/209/Resolu%C3%A7%C3%A3o%2024%202019-editado-4.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2021.

MELO NETO, José Francisco. Extensão universitária: bases ontológicas. In: MELO NETO, José Francisco (org.); *Extensão universitária: diálogos populares*. João Pessoa: Ed. UFPB, 2002.

PISTRAK, Moisey M. *Fundamentos da escola do trabalho*. São Paulo: Expressão Popular, 2018.

SHULGIN, Viktor N. *Rumo ao politecnismo*. São Paulo: Expressão Popular, 2013.

SÍVERES, Luiz. A extensão como um princípio de aprendizagem. *Revista Diálogos*, v. 10, 2008. Disponível em: <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/RDL/article/view/1946>. Acesso em: 3 jul. 2021.

SOUSA, Ana Luiza. *A história da extensão universitária*. 2. ed. Campinas: Alínea, 2010.

Desafios docentes para a garantia do direito à educação em Águas Lindas de Goiás no contexto da pandemia

12

Maraisa Bezerra Lessa
Ademar Diego Souza de Barros
Paulo Gustavo Moreira
Kamilly Victória da Silva Fonseca

Resumo

Este trabalho tem como objetivo discutir os desafios enfrentados por docentes para a garantia do direito à educação de estudantes de escolas públicas no contexto de isolamento social vivenciado durante a pandemia de Covid-19. Trata-se de uma revisão da literatura produzida no Brasil no período de 2020 e 2022 e um estudo de campo em três escolas de Ensino Fundamental de Águas Lindas de Goiás/GO, cidade do entorno do Distrito Federal com grande parcela da população em situação de vulnerabilidade social. Na fase empírica, buscou-se investigar quais

as dificuldades, estratégias e possíveis avanços identificados por professores e professoras para a garantia do direito à educação de estudantes matriculados na primeira etapa do Ensino Fundamental no município. O estudo revela que a pandemia do coronavírus escancarou e reforçou as desigualdades educacionais presentes na sociedade brasileira, por meio de uma estratégia governamental de necroeducação à qual professores e professoras da rede pública de ensino mais uma vez responderam com o inédito viável na educação.

Palavras-chave: Direito à educação. Docente. Ensino Fundamental. Pandemia. Ensino remoto.

1 INTRODUÇÃO

A pandemia do coronavírus afetou a garantia dos direitos humanos de parcela significativa da população mundial, especialmente das populações que já viviam em situação de risco e vulnerabilidade social. Em 31 de dezembro de 2019, a Organização Mundial da Saúde (OMS) foi alertada sobre vários casos de pneumonia na cidade de Wuhan, província de Hubei, na República Popular da China. Tratava-se de uma nova cepa de coronavírus que não havia sido identificada antes em seres humanos. Não demorou muito para que a tal variante chegasse ao Brasil, visto que o primeiro caso confirmado de pessoa com o novo coronavírus no país ocorreu em 26 de

fevereiro de 2020. Desde então, devido à rápida disseminação do vírus da Covid-19 pelo território nacional, vários setores sociais como a educação, economia e, principalmente, a saúde sentiram o grande e repentino impacto que a pandemia trouxe. O isolamento social foi uma das medidas que tiveram de ser tomadas para evitar a disseminação do vírus pelo território nacional, o que afetou diretamente o setor da educação.

Neste novo contexto, o ensino presencial teve que ser suspenso e as estratégias para a garantia do acesso à educação foram modificadas. O ensino remoto se apresentou como a mais importante alternativa para o cumprimento das medidas de isolamento social nas redes de ensino. É muito comum associar a pandemia à educação à distância (EaD), especialmente no senso comum. Entretanto, a EaD é uma modalidade de ensino anterior ao contexto pandêmico que pressupõe um conjunto de conhecimentos e metodologias de ensino-aprendizagem para serem desenvolvidos com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação para a mediação didático-pedagógica dos processos de ensino-aprendizagem. O ensino remoto foi uma alternativa emergencial para tentar garantir o direito à educação no contexto pandêmico atrelada a um processo de precarização do trabalho docente.

Conforme destaca Paludo (2020, p. 45), a pandemia do coronavírus desmascarou a desigualdade educacional presente no Brasil. As escolas particulares e as famílias com maior poder aquisitivo em pouco tempo se organizaram com o uso das tecnologias e transformaram suas casas em salas de aulas. Nas escolas públicas, alunos sem computador, internet, espaço adequado para estudo; famílias sem escolaridade o suficiente para acompanhar e orientar seus filhos no aprendizado; estudantes obrigados a trabalhar para ajudar famílias desempregadas; evasão escolar. Esta disparidade escancarou o fosso da desigualdade educacional existente no Brasil.

Apesar das condições adversas, observou-se também um grande esforço por parte dos profissionais de escolas públicas para a garantia do direito à educação dos estudantes. Em pouco tempo, docentes foram obrigados a se reinventar: aprender a utilizar as tecnologias de informação, desenvolver novas metodologias de ensino-aprendizagem, transformar suas casas em salas de aula e ainda arcar com os custos dessas mudanças. Em Águas Lindas de Goiás esta realidade não foi diferente.

Cidade do entorno do Distrito Federal com 217.698 habitantes notadamente marcada pela existência de grupos socioeconômicos vulneráveis, Águas Lindas de Goiás é popularmente conhecida como cidade dormitório, pois a maioria da sua população se desloca diariamente para trabalhar no Distrito Federal retornando para a sua residência apenas à noite para dormir. Além dos problemas de saneamento básico e planejamento urbano decorrentes do crescimento desordenado, Águas Lindas possui desenvolvimento econômico e social dependente de Brasília, de modo que uma parcela

significativa da população utiliza os serviços sociais do Distrito Federal, especialmente na área de saúde e educação.

No campo da educação, Águas Lindas de Goiás conta com 17 escolas estaduais que ofertam o segundo ciclo do fundamental e Ensino Médio e 43 escolas municipais que ofertam educação infantil e a primeira etapa do fundamental. A Pesquisa Metropolitana por Amostras de Domicílios (PMAD) 2017/2018 indica um baixo nível de escolaridade da população, pois 30,51% possuem fundamental incompleto e 19,32% da população possuem apenas Ensino Médio (CODEPLAN, 2019). Segundo o estudo, na análise da escolaridade da população da população de Águas Lindas de Goiás, sobressaíram dois níveis de ensino: o fundamental incompleto, com 30,51% (63.081 pessoas), e o Ensino Médio completo, com 19,32% (39.943 pessoas). Esse resultado demonstra que parte significativa da população do município não possui alto nível de escolarização, o que indica para uma dificuldade de pais e/ou responsáveis em auxiliar as crianças e adolescentes nas atividades escolares em tempos de pandemia. Diante dessa realidade, o fechamento das escolas ao mesmo tempo que contribuiu para a garantia do direito à vida trouxe inúmeros desafios para a garantia do direito à educação no município.

2 METODOLOGIA

Considerando os desafios enfrentados para a garantia do direito à educação na pandemia, o trabalho, de natureza qualitativa, teve como objetivos específicos investigar as estratégias, as dificuldades e possíveis avanços identificados por docentes nas escolas públicas de Águas Lindas de Goiás no período de fechamento das escolas no contexto pandêmico. Para tanto, teve como metodologia pesquisa bibliográfica e trabalho de campo.

Para Marconi e Lakatos (2003, p. 44), a pesquisa bibliográfica da literatura científica caracteriza-se como um levantamento de escritos já publicados a respeito de um tema relevante. Já de acordo com Lima e Miotto (2007, p. 38) se configura como um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções, atento ao objeto de estudo, e que, por isso, não pode ser aleatório.

No âmbito deste trabalho, a pesquisa bibliográfica consistiu em revisar trabalhos científicos, discussões e posicionamentos de autores sobre os desafios docentes para a garantia do direito à educação na pandemia. Teve como foco as escolas públicas de Ensino Fundamental com o intuito de mapear o atual estado da arte das pesquisas científicas sobre o tema no Brasil. A partir de levantamento bibliográfico realizado no Google Acadêmico, foram identificados 28 trabalhos científicos. Estes foram selecionados a partir de um filtro que buscou correlacionar os fatores: edu-

cação, ensino aprendizagem no contexto pandêmico, empecilhos educacionais docentes e discentes e dados produzidos durante e relativos à pandemia de Covid-19. Em um segundo momento, foram selecionados dentro deste universo apenas aqueles que estivessem relacionados à educação pública de Ensino Fundamental, foco deste trabalho. Além disso, priorizou-se os materiais cuja discussão estivesse focada no período mais próximo do fenômeno ocorrido, isto é, de 2020 a 2022.

Durante o trabalho de campo, foram aplicados questionários a professores e professoras de três escolas dispostas a participarem da pesquisa e foi realizada uma reunião presencial com os profissionais da educação de uma escola analisada. Os critérios para a escolha das instituições de ensino foram três: indicação da Secretaria Municipal de Educação como escolas públicas de referência no desenvolvimento das atividades pedagógicas na pandemia; localização territorial diferenciada; e abertura da equipe pedagógica para constituir-se como *lócus* da pesquisa.

Todos os respondentes aceitaram livremente participar da pesquisa e autorizaram a utilização das informações na pesquisa com a garantia de anonimato, por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). As questões fechadas foram tabuladas quantitativamente para identificar o maior número de respostas e as abertas analisadas por meio da metodologia de análise de conteúdo. Os resultados foram discutidos a partir do método dialético de análise dos fenômenos sociais, considerando as contradições presentes na totalidade capitalista em que o objeto está inserido.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Na revisão bibliográfica foram analisados 28 materiais de referência, com enfoque no ensino-aprendizagem durante o contexto de isolamento social ocasionado pela pandemia do coronavírus. Em relação à caracterização dos estudos, quanto ao ano de publicação, os anos de lançamento mais incidentes foram 2020, com dez artigos publicados e 2021, com seis artigos. É importante ressaltar que os estudos desenvolvidos em cenário anterior à pandemia apresentam problemáticas que podem ser observadas no contexto pandêmico.

Em primeira análise, pôde-se observar que as metodologias de ensino-aprendizagem foram modificadas para que o direito à educação fosse garantido no contexto de isolamento social. Nesse aspecto, professores e professoras, agentes fundamentais no processo educacional, viram-se repentinamente atuando em contexto de excepcionalidade. Frente às medidas de isolamento social, o trabalho docente na sua forma presencial tornou-se uma atividade impossível, obrigando docentes a aderir às novas tecnologias de informação. Conforme afirmam Souza *et al.* (2021, p. 5):

O processo de ensino por plataformas processa-se tanto por aulas em tempo real (síncronas), diretamente entre professor e aluno, quanto por aulas gravadas (assíncronas), com a exibição do material para a turma, disponibilizado por meio de plataformas tecnológicas. Ademais, deve-se mencionar a modalidade de atendimento personalizado à distância, com atenção individual aos alunos, uma espécie de trabalho tutorial.

Esse processo resultou no surgimento de diversos desafios para os docentes no que diz respeito à manutenção e adaptação do ensino para os meios virtuais. Nesse sentido, foi emergente a necessidade de inovação da educação de acordo com os termos possíveis do ensino remoto. A falta de formação docente para a educação à distância e o desespero frente aos novos desafios impostos pela pandemia obrigaram professores e professoras a reinventar suas metodologias de ensino-aprendizagem, pautando-se no conceito freiriano de inédito viável, para a garantia do direito à educação no contexto de pandêmico. Sob essa perspectiva, Freitas (2005, p. 6) afirma que o inédito viável é:

A materialização historicamente possível do sonho almejado. É uma proposta prática de superação, pelo menos em parte, dos aspectos opressores percebidos no processo de conhecimento que toma como ponto de partida a análise crítica da realidade. O risco de assumir a luta pelo inédito-viável é, pois, uma decorrência da natureza utópica, própria da consciência crítica, e encerra em si uma perspectiva metodológica, visto que faz do ato de sonhar coletivamente um movimento transformador.

As possibilidades e limites de alcançar o inédito viável estão circunscritos na realidade de discentes e docentes, para além da sala de aula e da escola. Nesse sentido, segundo Liberali et al. (2021, p. 15), o conceito de inédito viável está ancorado na noção de patrimônio vivencial, o qual pode ser compreendido como o repertório obtido por um indivíduo a partir de eventos dramáticos vivenciados um com o outro, ou seja, experiências e conhecimentos. Ao reunir os patrimônios vivenciais de diversos profissionais da educação, aliado aos avanços tecnológicos, surgiram novos recursos e metodologias de ensino-aprendizagem para a viabilização das aulas remotas no contexto pandêmico. Entre os recursos e metodologias mais utilizadas merecem destaque as ferramentas virtuais de *web* chamadas coletivas como o *Google Meet*, *Microsoft Team* e *Zoom* para a realização de aulas síncronas; as jogos didáticos virtuais; a gravação de videoaulas; a criação de grupos na plataforma *WhatsApp* com estudantes, famílias, docentes; utilização de ambientes virtuais de aprendizagem, tais como o *Google Classroom* e o *Moodle*, onde eram disponibilizadas atividades, vídeos e textos para leitura; materiais de estudos para o acesso dos alunos em seus domicílios; e materiais impressos para estudantes que não possuíam acesso à internet.

A aplicação desses novos recursos e metodologias de ensino-aprendizagem corroboram com o inédito viável na educação e com a afirmação de Pasolini (1990, p. 132), segundo o qual

“não se pode ensinar se ao mesmo tempo não se aprende”, pois, ao passo que docentes ensinam discentes aprendem com o repertório de outros profissionais da área.

Apesar dos esforços docentes, foi possível identificar ainda o fenômeno necroeducação no contexto pandêmico. Essa noção se ampara no conceito de necropolítica, proposto por Achille Mbembe, um filósofo, teórico político e professor universitário camaronês. Em síntese, a necropolítica se refere ao poder dos governos de decidir quem viverá e quem morrerá, por meio da promoção de políticas que restringem o acesso de certas populações a condições mínimas de sobrevivência. Já a necroeducação, de acordo com Liberali *et al.* (2020, p. 14-15), é uma vertente que se refere ao poder do Estado de decidir quem terá o direito à educação, ou, aplicando à atual realidade, o controle dos meios digitais. Dessa forma, por meio da necroeducação o governo negligencia as condições de vida de estudantes em situação de vulnerabilidade social e reforça as desigualdades na educação.

Conforme aponta Paludo (2020, p. 46), embora no contexto anterior à crise de saúde mundial as condições de trabalho docentes já fossem precarizadas no Brasil, durante a pandemia a situação se agravou. Observou-se uma maior precarização das condições de trabalho, aumento da demanda laboral e necessidade de complementação de renda. Além disso, não foi oferecida infraestrutura para a realização do trabalho remoto. Estudos recentes do IBGE sobre acesso a aparelhos digitais e internet afirmam que 25,3% dos brasileiros não possuem acesso à internet, incluindo espaços urbanos e rurais, e, no caso específico da população rural, 53,5% das pessoas não possuem acesso (TOKARNIA, 2020). Este último se configura como empecilho tanto para os profissionais, quanto para os alunos, o que impede os estudantes de terem uma educação de qualidade e dificulta o exercício da profissão docente fazendo com que os mesmos reflitam constantemente se o que estão oferecendo é o suficiente para a formação de seus alunos.

Simultaneamente a este acontecimento, foi possível identificar a falta de formação dos professores de educação básica para a utilização das ferramentas utilizadas no ensino remoto e educação à distância (EaD). Fato esse que é explicitado pela pesquisa de Gestrado (2020, p. 9), a qual afirma que 53% dos professores participantes da pesquisa – o que condiz a cerca de 15 mil profissionais de todas as regiões do território nacional das redes municipais, estaduais e federais – não tiveram nenhuma espécie de formação prévia para o uso de mídias digitais no exercício da docência.

De acordo com *International Labour Organization* (2018 *apud* PALUDO, 2020, p. 45), além das desigualdades educacionais, o contexto pandêmico afetou diretamente a vida privada dos professores tanto na estrutura econômica quanto nas relações de gênero, especialmente as re-

lações domésticas onde as mulheres são responsáveis por mais de 75% do trabalho não remunerado no mundo. A transformação do domicílio em local de trabalho dificultou a separação entre esfera privada e profissional e sobrecarregou os profissionais da educação, trazendo adoecimentos físicos e psicológicos. Segundo Pinho (2021, p.3): “As mudanças nas demandas do trabalho docente são agudas e profundas, produzindo elementos que sugerem potenciais efeitos negativos na saúde”.

No que se refere aos problemas físicos de saúde, vale destacar os problemas ergonômicos e oculares, ambos diretamente relacionados com o longo período sentados em frente a computadores, televisões, tablets e/ou celulares. Quanto à saúde mental, conforme afirma Abrucio (2021 *apud* CENPEC, 2021, p. 39): “a angústia de ter de ensinar de uma forma completamente diferente da que foram formados, sem o contato direto com o alunado, foi enorme”. As mudanças de metodologias de ensino-aprendizagem reverberaram em sentimento de desconsolo e frustração. A partir desse discurso, é possível traçar um paralelo com um problema anteriormente apontado: a falta de formação inicial e continuada dos profissionais da educação para atuarem com as mídias digitais.

No que se refere às relações sociais no contexto pandêmico, foi realizada uma pesquisa pela Fundação Carlos Chagas, no ano de 2020, sobre a educação escolar em tempos de pandemia, onde foram entrevistados 14.285 professoras e professores de todos os estados brasileiros, tanto da rede pública como privada. Nela foi possível concluir, a partir da percepção dos profissionais da educação, uma melhoria na relação escola-família e estudante-família. A ausência de um professor presencial para as crianças tornou necessária a ajuda das famílias no processo de letramento dos estudantes. Entretanto, esta demanda não pode ser sanada em muitas famílias, pois, devido às disparidades socioeconômicas, muitas famílias não conseguiram auxiliar no processo de aprendizado de seus filhos, pois tiveram que destinar seu tempo ao trabalho remunerado para garantir o sustento da casa. Além disso, o baixo nível de escolaridade das famílias também dificultou o apoio ao letramento das crianças.

Vale destacar também, os casos de trabalho infantil ou que as crianças se viam obrigadas a acompanhar seus responsáveis no trabalho. Macedo (2021, p. 273) apresenta sobre a experiência do aluno Pedro — nome fictício para garantir o sigilo do estudante —, do Ensino Fundamental I da Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Durante o período pandêmico, Pedro ficou meses sem acesso às atividades on-line e, mesmo após o recebimento de *tablet* e *kit* de internet, atrasou lições e esteve ausente em aulas on-line, pois precisava acompanhar o pai em trabalhos temporários no setor de construção civil. Neste caso, a criança morava só com este genitor que estava em situação financeira instável desde antes da

pandemia. Além dos casos de trabalho infantil identificados, merece destaque também, um fenômeno de subnotificação das situações de violência contra crianças e adolescentes, já que a escola constitui um importante órgão do Sistema de Garantia de Direitos da Criança e do Adolescente para a identificação e encaminhamento dos casos para a rede de proteção social. Os transtornos de saúde mental também foram dificultadores dos processos de ensino-aprendizagem das crianças durante a pandemia, pois foram acometidas pelo estresse, ansiedade e sentimentos negativos, como ideias suicidas e tristeza.

Em Águas Lindas de Goiás foi possível identificar um estudo sobre a educação na pandemia, desenvolvido por Lessa, Jesus e Silva Filho (2021). Nele foi possível identificar, a partir da percepção dos professores da rede pública de ensino, que os principais impactos do fechamento das escolas para a garantia dos direitos da criança e do adolescente foram aumento da evasão escolar, dos índices de analfabetismo e da não aprendizagem; fome e/ou desnutrição; problemas de saúde mental; trabalho infantojuvenil, além dos casos subnotificados de violências contra crianças e adolescentes. No que se refere ao enfrentamento às violências, a maioria dos respondentes afirmou que cada um ajudou como pôde, mas não houve uma estratégia institucional para este fim. Para amenizar os problemas de saúde mental, os educadores afirmaram que foram flexíveis em relação às notas e entregas de atividades, procuraram elaborar atividades lúdicas e procuraram realizar orientações psicológicas e familiar, bem como práticas psicopedagógicas para interação dos estudantes com as suas famílias. No que se refere às estratégias de enfrentamento à evasão, dos 21 respondentes 58,3% afirmam que a escola realizou alguma ação para diminuir esses índices, porém 54,2% avaliam essas ações como pouco exitosa e apenas 12,5% avaliam como totalmente exitosa. Os profissionais afirmaram que suas instituições procuraram entrar em contato com os responsáveis pelos estudantes, fornecendo suporte com atividades adaptadas, reforço on-line, atividades impressas e materiais de ensino virtuais. Estavam alinhados em proporcionar um atendimento individual, a fim de sanar eventuais dificuldades de cada aluno/responsável. Alguns profissionais também declararam promover a distribuição de cestas básicas custeadas com os próprios recursos. Em casos mais complexos, os responsáveis são devidamente encaminhados às entidades competentes, que nem sempre conseguem oferecer o serviço.

Apesar das dificuldades, o ensino remoto deixou seu legado de aprendizado para os profissionais da educação, por meio da possibilidade do uso das novas metodologias de ensino-aprendizagem que foram desenvolvidas e/ou inseridas no trabalho docente, como *games*, animações, *sites* interativos e novas formas de avaliação. Em alguns casos, essas tecnologias foram reaproveitadas e repensadas para o ambiente escolar com o retorno das atividades presenciais.

Embora ainda esbarre na dificuldade de acesso à tecnologia, reforça a tendência ao ensino híbrido. A valorização da relação professor-aluno e do ambiente escolar também são aspectos favoráveis dessa experiência, pois com a pandemia esses elementos se mostraram importantes e insubstituíveis. Conforme afirma (ABRUCIO, 2021, p. 37):

O vínculo com os educadores e com os estudantes é essencial para o aprendizado de conteúdos disciplinares, para o desenvolvimento de competências e habilidades individuais e coletivas e, principalmente, para a socialização necessária à construção da personalidade no plano socioemocional.

Em síntese, a partir da revisão da literatura realizada, foi possível identificar que o processo de ensino-aprendizagem durante a pandemia foi comprometido nas escolas públicas brasileiras em virtude da 1) dificuldade de acesso de qualidade à Internet e aparelhos tecnológicos; 2) dificuldade de interação professor-aluno; 3) trabalho infantil e outras formas de violência doméstica subnotificadas; 4) falta de formação; 5) sobrecarga de trabalho por parte dos profissionais da educação; e 6) dificuldade de separação entre vida familiar e profissional, pois a casa tornou-se espaço de trabalho. Observa-se com o exposto um abandono do Estado em relação ao processo de escolarização das crianças e adolescentes de escolas públicas municipais e estaduais, configurando aquilo que Liberali *et al.* (2020, p. 14) chamaram de fenômeno da necroeducação no contexto pandêmico. Em contrapartida, os profissionais da educação se viram repentinamente obrigados a aprenderem a utilizar recursos tecnológicos e audiovisuais, bem como criar novas metodologias de ensino-aprendizagem em busca do inédito viável na educação.

4 RESULTADOS DO TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo foi realizado por meio da aplicação de questionários em 3 escolas de nível fundamental I de Águas Lindas de Goiás e visita a uma delas. O questionário, formado por questões fechadas e abertas, buscou identificar as estratégias, as dificuldades e possíveis avanços identificados no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes na pandemia. Para tanto, apresentou as seguintes questões: 1) qual turma ou função atuava no período de fechamento das escolas; 2) quais as principais dificuldades encontradas; 3) quais as principais estratégias utilizadas; e 4) se foram identificados avanços no processo de ensino-aprendizagem que contribuíssem para a garantia do direito à educação dos estudantes. Além dessas, uma questão aberta pedia um relato sobre experiência docente na pandemia. Estas questões foram transformadas em perguntas, sendo cinco de múltipla escolha, onde foi possível escolher mais de uma alternativa e duas abertas para que o docente/auxiliar escrevesse livremente.

Quanto aos participantes da pesquisa, houve no total 41 respondentes de três escolas públicas situadas em regiões diferentes de Águas Lindas de Goiás — sendo 13 da escola I, 18 da escola II e 10 da escola III. Nas escolas I e II foram aplicados questionários via Google Forms. Na escola III foram aplicados questionários impressos durante uma reunião presencial com o coletivo de professores e professoras. Esta reunião foi um momento importante da pesquisa, pois foi possível apresentar os resultados do trabalho bibliográfico e ouvir os docentes sobre os desafios vivenciados na pandemia. A seguir os resultados da pesquisa:

TABELA 1

Área de atuação no período da pandemia

Área de atuação	Escola I	Escola II	Escola III	Total	%
1º ano do Ensino Fundamental	3	1	4	8	19,51
2º ano do Ensino Fundamental	2	6	1	9	21,95
3º ano do Ensino Fundamental	4	2	3	9	21,95
4º ano do Ensino Fundamental	1	4	2	7	17,07
5º ano do Ensino Fundamental	1	3	1	5	12,20
Gestão/diretoria, coordenação e/ou acompanhamento das atividades docentes	2	1	1	4	9,76
Outro	2	3	4	9	21,95
Total	15	20	16	51	-

Fonte: Elaborada pelos autores.

Mediante os questionários, no que tange ao cargo que os profissionais da educação nas escolas municipais durante a pandemia, foi constatado que, dos 41 participantes da pesquisa, oito atuavam no 1º ano do Ensino Fundamental, nove atuavam no 2º ano do Ensino Fundamental, nove no 3º ano do Ensino Fundamental, sete no 4º ano do Ensino Fundamental, cinco no 5º do Ensino Fundamental e quatro na gestão ou diretoria, coordenação e/ou acompanhamento das atividades docentes.

É importante citar que a pergunta acerca da atuação dos profissionais no período pandêmico é de múltipla escolha e com uma seção aberta para adicionar opções não listadas. Dessa forma, observa-se que houve participantes que atuaram em mais de uma série, trabalhando também com a educação infantil nas etapas I e III e na modalidade sala de recursos.

TABELA 2

Principais dificuldades identificadas para a garantia do direito à educação no período da pandemia

Principais dificuldades	Escola I	Escola II	Escola III	Total	%
Falta de equipamentos eletrônicos por parte dos educadores	1	2	2	5	12,20
Falta de equipamentos eletrônicos por parte dos alunos	10	16	9	35	85,37
Dificuldades de acesso à internet por parte dos educadores	0	2	1	3	7,32
Dificuldades de acesso à internet por parte dos alunos	10	14	10	34	82,93
Dificuldades dos educadores para usar as tecnologias como ferramenta de ensino	0	4	3	7	17,07
Dificuldades dos alunos para usar as tecnologias como ferramenta de ensino	0	12	9	21	51,22
Os alunos não realizavam as atividades propostas	6	11	6	23	56,10
Aumento da evasão escolar	1	3	2	6	14,63
Falta de disponibilidade das famílias para acompanhar os estudos das crianças	10	15	10	35	85,37
Falta de escolarização das famílias para ajudar as crianças nas atividades escolares	0	11	7	18	43,90
Aumento da violência doméstica	1	2	1	4	9,76
Extrapolação da carga horária de trabalho docente	4	8	8	20	48,78
Ausência de contato/socialização professor-aluno	3	10	8	21	51,22
Incidência de trabalho infantil	0	0	1	1	2,44
As questões financeiras das famílias atrapalhavam a aprendizagem das crianças	0	9	7	16	39,02
Problemas na saúde mental, física e/ou social dos docentes	2	4	3	9	21,95
Outro	0	1	0	1	2,44
Total	48	124	87	259	-

Fonte: Elaborada pelos autores.

Ao se analisar as dificuldades identificadas pelos 41 participantes da pesquisa, foi constatado que 85,36% dos docentes apontaram a falta de equipamentos eletrônicos pelos discentes e a falta de disponibilidade das famílias para acompanhar o processo de aprendizagem da criança como desafios à educação durante a pandemia. Cerca de 82,92% dos participantes descreveram as dificuldades de acesso à internet pelos alunos como obstáculos ao ensino virtual. Ademais, 56,09% dos docentes assinalaram a falta de devolução das atividades propostas pelos estudantes e 51,21% destacaram as dificuldades discentes na utilização das tecnologias virtuais de ensino-aprendizagem e a ausência de socialização do professor com o aluno como dificuldades do ensino em um contexto pandêmico. Outras problemáticas relevantes identificadas no exercício docente foram a extrapolação da carga horária docente (48,78%) e a falta de escolarização das famílias para auxiliar as crianças em suas atividades escolares (43,90%).

TABELA 3

Principais estratégias desenvolvidas por parte da sua escola para a garantia do direito à educação no período da pandemia

Principais estratégias	Escola I	Escola II	Escola III	Total	%
Disponibilização de dispositivos tecnológicos (celular, tablet, computador etc.) para as crianças	0	0	1	1	2,44
Disponibilização de dispositivos tecnológicos (celular, tablet, computador etc.) para professores	5	6	5	16	39,02
Uso do <i>WhatsApp</i> para o envio e recebimento de materiais didáticos aos estudantes	9	15	9	33	80,49
Uso da plataforma <i>Google Classroom</i> ou <i>Google Meet</i> (ou recursos virtuais semelhantes).	10	16	9	35	85,37
Encontros virtuais síncronos	4	8	9	21	51,22
Atividades assíncronas	2	4	5	11	26,83
Disponibilização de materiais impressos	11	17	9	37	90,24
Cursos de formação de professores para a atuação no ensino remoto	0	4	1	5	12,20
Outro	0	0	0	0	0,00
Total	41	70	48	159	-

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em relação às estratégias desenvolvidas pelas escolas durante a experiência de ensino remoto, grande parte dos professores, cerca de 90,24%, recorreram à disponibilização de materiais impressos aos estudantes. A utilização das plataformas *Google Classroom* e *Google Meet*, assim como do *What-*

sApp para disponibilização e recebimento de materiais didáticos aos estudantes também foi expressiva, sendo utilizadas, respectivamente, por 85,36% e 80,48% dos docentes. Outras estratégias adotadas por parte da escola durante o ensino emergencial foram a realização de encontros virtuais síncronos (51,21%) e a disponibilização de dispositivos tecnológicos aos professores (39,02%).

Ao serem questionados sobre quais atividades pedagógicas foram propostas para incentivar a aprendizagem das crianças, os educadores apresentaram diversas alternativas para adaptar a educação no período de crise. Analisando-se as respostas nos moldes do pedagogo Paulo Freire, é possível classificar essas atuações como inéditos viáveis.

Ainda nesse prisma, observa-se que dos inéditos viáveis mais utilizados pelas escolas, um dos mais citados foi a utilização de vídeos retirados da internet e/ou gravados pelos docentes. Sendo esta última modalidade, um desafio para os educadores, pelo fato de grande parte desse grupo ter tido o primeiro contato com gravação de vídeos durante a pandemia, necessitando de ajuda de pessoas mais experientes para conseguir cumprir esse objetivo específico.

Ao tratar-se de encontros síncronos, conclui-se que foi uma modalidade com adesão de aproximadamente metade dos participantes. As videochamadas foram usadas para sanar dúvidas dos alunos, explicar conteúdos e resolver atividades em conjunto.

Uma alternativa pedagógica foi a utilização de atividades lúdicas, tanto on-line como materiais, fora do universo digital. Tratando-se das atividades digitais, os jogos foram as ferramentas mais recorrentes para incentivar a aprendizagem infantil. Já no âmbito não digital, brinquedos educativos e atividades em família foram propostas, sendo que a produção de brinquedos também foi um recurso utilizado.

Dentre os profissionais, uma pequena porcentagem (aproximadamente 4 participantes) citaram medidas de incentivo direto aos discentes, através de ligações, vídeo chamadas e mensagens, incentivando os alunos a não desistirem dos estudos.

TABELA 4

Avanços no processo educativo de seus estudantes

Avanços	Escola I	Escola II	Escola III	Total	%
Não houve nenhum avanço	1	0	2	3	7,32
Sim, em alguns estudantes, especialmente aqueles com as famílias mais presentes	12	16	8	36	87,80
Sim, muitos	0	2	0	2	4,88
Total	13	18	10	41	100

Fonte: Elaborada pelos autores.

Ao analisar a avaliação dos professores sobre os avanços da educação das crianças na pandemia, na Tabela 4, pôde-se observar que a maior parte dos docentes concordaram que houve avanço, correspondendo a 92,17% de 41 participantes. Contudo, desses profissionais, 87,80% enxergam avanço principalmente em estudantes que tiveram a família presente no processo ensino-aprendizagem, revelando a importância da família nos processos de ensino-aprendizagem na pandemia. Em contrapartida, observa-se que 7,31% (3) não observaram avanço no processo educativo dos estudantes durante a pandemia.

No que diz respeito aos avanços identificados pelos docentes, observou-se maior destaque dado ao desenvolvimento na leitura e escrita, seguido de desenvolvimento cognitivo e coordenação motora. Vale refletir que se trata apenas das percepções docentes acerca dos processos de ensino-aprendizagem vivenciados na pandemia e que nenhum profissional afirmou que o ensino remoto substituiu o presencial para a garantia do direito à educação no fundamental.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em face de todo o material encontrado na pesquisa bibliográfica e produzido no trabalho de campo, identifica-se a negligência do Estado para a garantia do direito à educação para estudantes em situação de risco e vulnerabilidade social no contexto pandêmico, por meio de uma política de necroeducação que se materializou nas escolas públicas brasileiras, inclusive no território de Águas Lindas de Goiás.

Em contrapartida, a história não pode apagar os esforços de professores e professoras da rede pública de ensino que, inseridos em contexto de precarização do trabalho docente, desenvolveram estratégias inéditas, dentro do que era viável, para a garantia do direito à educação no cenário de isolamento social imposto pela pandemia do novo coronavírus.

A partir da percepção de professores e professoras de Águas Lindas de Goiás, a pesquisa aponta para dois achados acadêmicos que merecem ser aprofundados em estudo de maior amplitude sobre a garantia do direito à educação na pandemia: 1) mesmo em contexto de precarização do trabalho docente houve processo de ensino-aprendizagem nas escolas públicas brasileiras, ainda que aquém do esperado no ensino presencial, carecendo de estudos que avaliem a dimensão desse aprendizado e 2) a família foi essencial para o processo de ensino-aprendizagem na pandemia.

Com o estudo, foi possível concluir, portanto, que em sintonia com a ideologia neoliberal que ancora implementação do Estado Mínimo brasileiro, docentes e familiares adotaram para si uma res-

ponsabilidade que apesar de coletiva, deveria contar com o amparo do Estado que assegura à educação como direito humano fundamental garantido a todos e todas, sem distinção de classe, garantidos pela Constituição.

OS AUTORES

Maraisa Bezerra Lessa

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Águas Lindas/Departamento de Áreas Acadêmicas
maraisa.lessa@ifg.edu.br

Ademar Diego Souza de Barros

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Águas Lindas/ Técnico Integrado em Vigilância em Saúde – PIBIC-EM
ademar.diego@estudantes.ifg.edu.br

Paulo Gustavo Moreira

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Águas Lindas/ Técnico Integrado em Vigilância em Saúde – PIBIC-EM
paulo.moreira@estudantes.ifg.edu.br

Kamilly Victória da Silva Fonseca

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Águas Lindas/ Técnico Integrado em Vigilância em Saúde – PIBIC-EM
kamilly.v@academico.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

ABRUCIO, Fernando L. Por um novo sistema educacional: a reconstrução das redes de ensino e das escolas brasileiras no pós-pandemia. *In: CENPEC. Educação pública no Brasil: contexto atual e perspectivas para os próximos anos.* São Paulo: Cenpec, 2021. p. 37-39. Disponível em: <https://www.cenpec.org.br/wp-content/uploads/2022/08/CENPEC - Artigos Debate 2 1307.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2022.

CODEPLAN (Companhia de Planejamento do Distrito Federal). *Águas Lindas de Goiás – Pesquisa Metropolitana por Amostra de Domicílios – PMAD 2017/2018.* Brasília: Codeplan, 2019. Disponível em: https://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/PMAD_2017-2018-Aguas_Lindas.pdf. Acesso em: 27 jul. 2022.

SOUZA, Katia R. *et al.* Trabalho remoto, saúde docente e greve virtual em cenário de pandemia. *Trabalho, Educação e Saúde*, v. 19, e00309141, 2021.

FCC (Fundação Carlos Chagas). *Educação escolar em tempos de pandemia.* São Paulo: FCC, 2020. Disponível em: <https://www.fcc.org.br/fcc/educacao-pesquisa/educacao-escolar-em-tempos-de-pandemia/>. Acesso em: 23 ago. 2022.

FREITAS, Ana Lúcia S. de. Pedagogia do inédito-viável: contribuições de Paulo Freire para fortalecer o potencial emancipatório das relações ensinar-aprender-pesquisar. *In: Colóquio Internacional Paulo Freire*, 5., 2005, Recife. [Anais...]. Recife, 2005. p. 6.

GESTRADO. *Trabalho docente em tempos de pandemia – relatório técnico*. Belo Horizonte: Gestrado/UFGM, 2020. Disponível em: https://www.uncme.org.br/Gerenciador/kcfinder/upload/files/cnte_relatorio_da_pesquisa_covid_gestrado_v02.pdf Acesso em: 18 ago. 2020.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. *Care work and care jobs for the future of decent work*. Geneva: ILO. 2018. Disponível em: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_633135.pdf. Acesso em: 28 abr. 2022.

LESSA, Maraisa B.; SILVA FILHO, Wallace P. da; JESUS, Willian C. de. A garantia do direito à educação dos adolescentes do IFG Águas Lindas no contexto de pandemia do coronavírus. *Revista do CEAM*, v. 7, n. 2, p. 169, 2021.

LIBERALI, Fernanda *et al.* *Educação em tempos de pandemia: brincando com um mundo possível*. Campinas: Pontes Editores, 2020,

LIMA, Telma; MIOTO, Regina. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. *Revista Katálysis*, v. 10, n. 1, p. 37-45, 2007.

MACEDO, Renata M. Direito ou privilégio? Desigualdades digitais, pandemia e os desafios de uma escola pública. *Estudos Históricos*, v. 34, n. 73, p.262-280, maio-ago. 2021.

MARCONI, Marina; LAKATOS, Eva. *Fundamentos de metodologia científica*. São Paulo: Atlas, 2003.

PALUDO, Elias F. Os desafios da docência em tempos de pandemia. *Em Tese*, v. 17, n. 2, p. 45-53, 23 ago. 2020.

PASOLINI, Pier P. *Os jovens Infelizes*. São Paulo: Brasiliense, 1990.

PINHO, Paloma S. *et al.* Trabalho remoto docente e saúde: repercussões das novas exigências em razão da pandemia da Covid-19. *Trabalho, Educação e Saúde*, v. 19, e00325157, 2021.

TOKARNIA, Mariana. Um em cada 4 brasileiros não têm acesso à internet, mostra pesquisa. *Agência Brasil*, 29 abr. 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-04/um-em-cada-quatro-brasileiros-nao-tem-acesso-internet>. Acesso em: 28 abr. 2022.

Impactos da pandemia (Covid-19) na vida escolar de meninas do Brasil: fatores de intersecção entre classe, gênero e raça

13

Kaithy das Chagas Oliveira
Ketlen Miranda de Jesus Costa

Resumo

A crise internacional de saúde causada pela pandemia do novo coronavírus interrompeu as atividades presenciais das instituições educacionais brasileiras de todos os níveis no ano de 2020. As medidas de segurança que se desdobraram dessa crise incluíram a impossibilidade de realização de atividades presenciais nos espaços escolares. Assim, esta pesquisa de PIBIC-EM teve como objetivo principal a verificação da incidência do aumento do trabalho doméstico entre as estudantes brasileiras, buscando identificar o impacto disso em sua vida escolar. A pesquisa baseou-se em dados levantados por organizações que monitoraram a problemática em escala global e local, como a Plan Internacional Brasil, o Fundo das Nações Unidas para Infância (Unicef) e o Instituto Tricontinental de Pesquisa Social. A pesquisa bibliográfica buscou entender as causas dessas desigualdades a partir da intersec-

ionalidade das categorias conceituais de classe, gênero e raça. Resultou desta análise a compreensão acerca do acirramento das desigualdades sociais durante os meses em que o Brasil sofreu com a pandemia. Demonstrou-se que os impactos socioeconômicos durante a pandemia foram ainda mais cruciais em relação àqueles(as) que já se encontravam em situação de vulnerabilidade social, como a população de mulheres negras, efeito esse estendido para as adolescentes negras e pobres em fase escolar. Nestes casos, houve registro de maior incidência de abandono ou evasão escolar, aumento do trabalho doméstico compulsório, orfandade e até mesmo gravidez precoce. O crivo da classe impactou o Direito à Educação tendo em vista a inacessibilidade às Tecnologias da Informação que permitiram a manutenção de algumas atividades escolares.

Palavras-chave: Pandemia. Meninas. Vida escolar. Trabalho doméstico. Interseccionalidade.

1 INTRODUÇÃO

O processo histórico e social que constituiu o modelo de família nuclear, a separação entre os espaços públicos e privados, a definição dos agentes e não agentes do poder hegemônico e os papéis sociais decorrentes destas delimitações, esteve crivado por relações de classe, gênero e raça no mundo moderno. Desse modo, o olhar analítico para o espaço doméstico requer considerar que se

trata de um espaço de múltiplas determinações sociais e históricas. Tal ressalva se faz importante no interesse por compreender os impactos da crise de saúde internacional, causada pela pandemia do novo coronavírus, causador da doença Covid-19, na socialização de crianças e jovens em idade escolar e que tiveram que se isolar neste espaço historicamente reservado à vida privada (ARIÈS, 2017; HOBBSAWM, 2000), onde são reproduzidas relações de poder que operam no todo da sociedade.

Quem nunca ouviu a história de uma criança ou de uma adolescente que precisou abandonar a escola? Ou que teve as suas atividades escolares prejudicadas pela obrigação imposta de colaborar com os afazeres domésticos, ou ajudar a cuidar dos irmãos menores? Partindo destes questionamentos, esse trabalho buscou problematizar o período avassalador da história política, social e educacional da sociedade brasileira, com a pandemia global da Covid-19. Desse modo, colocou-se como questão orientadora desta pesquisa a seguinte questão: quais foram os impactos mais específicos da pandemia para a população feminina que cursava a Educação Básica no Brasil?

Esta proposta de pesquisa visou, portanto, em um primeiro momento localizar estudos que tratassem dos impactos da pandemia na vida escolar de meninas no Brasil. Buscou apurar a interferência da crise de saúde no aumento do trabalho doméstico entre as crianças e/ou adolescente, e a partir disso analisar a implicação desse processo para o rendimento escolar ou a precariedade e até o abandono da escola.

Como sabemos, no início do ano de 2020 os primeiros rumores de uma pandemia começavam a compor os noticiários do Brasil, por meio de alertas de emergência e o risco iminente de se iniciar contágios com o vírus Sars-Cov-2. Em fevereiro deste mesmo ano foi sinalizada a situação de “Emergência de Saúde Pública de Âmbito Internacional” pela Organização Mundial de Saúde (OPAS, 2020). No mês de março já era evidente o crescimento do contágio e o registro de algumas mortes em decorrência das complicações advindas da Covid-19, com registros de casos principalmente nos grandes centros urbanos. O contágio aumentou em várias partes do Brasil, implicando ações governamentais, principalmente de Estados e Municípios, voltadas ao “isolamento físico” das pessoas, com a imediata suspensão de atividades que envolvesse aglomerações.

As escolas, de todos os níveis e modalidades, tiveram suas atividades suspensas, a maioria sem previsão de retorno de funcionamento. A pandemia no Brasil caminhou descontroladamente pelos meses subsequentes, chegando no mês de janeiro de 2021 com o trágico ocorrido em Manaus (AM), onde faltou oxigênio para pacientes entubados, levando à óbito centenas de pessoas em alguns dias; além da superlotação de Unidades de Tratamentos Intensivos na maior parte dos hospitais em todo o país (SCHIMDT, 2021).

O grave quadro de crise de saúde em âmbito internacional implicou medidas severas de restrição do convívio social, impossibilitando a continuidade de atividades presenciais que reunissem

grande número de pessoas em ambientes fechados e incapazes de garantir o distanciamento seguro para impedir o contágio. As atividades escolares compuseram o conjunto das atividades presenciais suspensas na imediaticidade da decretação de estado de Emergência de Saúde Pública. A rotina familiar e social passou, de modo abrupto, por uma série de modificações para a organização dos contextos domésticos, dentre as quais encontrava-se o acirramento de opressões e violências que se perpetuam historicamente nestes espaços. A imposição de uma rotina de trabalhos domésticos e de cuidados para uma menina pode ser compreendido com uma desigualdade de gênero, uma vez que não se trata de incluí-la, dentro das suas possibilidades físicas e emocionais à colaboração doméstica e cuidados consigo própria, mas sim compreender que meninas, sobretudo as pobres e negras, são responsabilizadas precocemente por pesados afazeres domésticos e cuidados (especialmente de outras crianças).

Partido dessas evidências mais tácitas, a pesquisa de PIBIC-EM, desenvolvida no período 2021 a 2022, buscou compreender alguns dos impactos da pandemia na vida escolar das adolescentes brasileiras. Algumas questões norteadoras para esta pesquisa foram: como a pandemia interferiu na continuidade (ou não) dos estudos destas meninas? Como a rotina doméstica dessas meninas foram impactadas pelos dias de isolamento e falta de contato social? A violência doméstica nesse período foi aprofundada? Na busca pelas respostas de perguntas que esse trabalho foi concebido, buscando compor um quadro básico dos problemas acarretados pela pandemia global.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Com a intenção de responder o problema desta pesquisa, desenvolveu-se uma investigação com enfoque analítico, de base bibliográfica, na tentativa de entender os processos sociais e históricos que constituem as realidades das meninas estudantes durante o período de pandemia. Assim, se propôs ir além das representações imediatas e da intuição, para construção conceitos, além de descobrir, revelar e organizar os nexos da realidade em categorias lógicas e históricas. E de certa forma também no espírito da “vigilância epistemológica” como definida, entre outros, por Pierre Bourdieu, Jean-Claude Chamboredon e Jean-Claude Passeron (1999). Nesse sentido, a abordagem qualitativa realiza uma aproximação fundamental entre sujeito e objeto, uma vez que ambos são da mesma natureza.

Um estudo conceitual introdutório foi realizado, mediante a utilização de um breve levantamento bibliográfico do tema, com vistas ao esclarecimento dos aspectos teóricos fundamentais que serviram de norteadores para a construção de categorias lógicas e históricas que

propiciaram um maior esclarecimento acerca do estudo em questão, buscando compreender os conceitos de classe, gênero, raça e geração, de modo interseccional (RIBEIRO, 2018).

Em um segundo momento foi realizado um levantamento acerca das bases de dados constituídas a partir do tema das desigualdades que incidem sobre as meninas estudantes brasileiras nesse período de pandemia. Buscou-se verificar a possível relação do contexto da crise de saúde com o aumento de atividades domésticas para estas meninas. Inicialmente foi trabalhado os materiais levantados na ocasião de elaboração do projeto da pesquisa, produzidos por 1) Plan International Brasil; 2) Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF); 3) Instituto Tricontinental de Pesquisa Social. Outras bases de dados que trataram, direta ou indiretamente, desta temática foram explorados de modo mais panorâmico, buscando relacionar com os dados analisados nos documentos informados anteriormente.

Vale destacar que houve dificuldade de captação de dados oficiais no que refere ao Censo Escolar ou mesmo PNAD. O período pandêmico suspendeu ou protelou muitas das atividades de pesquisa por algum tempo no ano de 2020. Somado a esse problema se desdobrou as imensas disparidades estruturais nas várias redes de ensino em todo o país, que operam de modo desconexos haja visto as alçadas – nos âmbitos municipal, estadual e federal – das responsabilidades quanto à garantia de acesso escolar em todo o país. Muitas escolas não conseguiram sequer acessar os questionários produzidos por órgãos de pesquisa ou mesmo não conseguiram preenchê-los de modo adequado, como o caso das avaliações periódicas promovidas pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

Além disso, foi realizado um estudo conceitual com trabalhos oriundos de pesquisas que trataram da questão das desigualdades sociais que se estruturam na sociedade contemporânea, considerando recortes de gênero, classe e raça. Procedeu-se, desse modo, a leitura e estudo de textos produzidos por intelectuais que já se debruçavam sobre os problemas enfrentados pela população feminina antes mesmo que a pandemia emergisse, assim dialogamos Djamila Ribeiro (2018), Oliveira (2020), Bell hooks (2018), Federici (2019) entre outros(as).

Mediante o estudo conceitual das categorias mencionadas, bem como a análise dos dados acessados, foi possível apontar algumas tendências em relação à situação das meninas estudantes, constatando que a pandemia implicou um acirramento das situações de desigualdades que atravessam a vida das jovens meninas, principalmente as meninas negras, no Brasil. Além disso, foi possível identificar situações de aumento da exploração do trabalho infantil neste período, aumento de violências e abusos, aumento de gravidez entre adolescentes, como veremos nos tópicos a seguir.

3 A MULHER NO BRASIL

Sabemos que a mulher, como nos aponta Djamila Ribeiro em “Quem tem medo do Feminismo Negro?” (2018), foi impedida de exercer direitos básicos, como estudar, decidir sobre seu próprio e corpo e até mesmo votar. A autora usa o conceito de mutação da língua para nos fazer compreender o processo sofrido pela sociedade que reverbera na vida das mulheres até hoje. Com Djamila vemos que o conceito de gênero é mutável, sofre algumas diferenças ao longo do tempo, assim como a língua. Por exemplo, a palavra “você”, passou por diversas modificações, “vossa mercê”, “vosmecê” e chegou em “você”.

Considerando o recorte de classe, gênero e raça, um dos grupos de maior vulnerabilidade social são as meninas, negras e pobres. São enormes as desigualdades sociais que atravessam o país. Essa desigualdade ficou ainda mais evidente durante a pandemia, quando as poucas políticas efetivas no sentido de trazer equilíbrio ao acesso às ferramentas de conectividade para retomada da escolarização nas redes/escolas foram marcadas por desafios estruturais ao acesso remoto das atividades escolares. Muitas das redes de ensino que adotaram modelos emergenciais de ensino remoto, acabaram por inviabilizar totalmente o acesso escolar de milhares de crianças e jovens, pois acesso à *internet* não é para todos(as). As perdas escolares não foram maiores neste período em função do incansável trabalho de professoras e professores em todo o país que buscaram dirimir os prejuízos advindos dos fechamentos das escolas.

Essa situação somada ao aumento do desemprego durante a pandemia, acabou por colocar no horizonte de muitas crianças e jovens o aumento do trabalho infantil. Em uma sociedade onde o papel da mulher é o de servir e cuidar, muitas as meninas e adolescentes trocaram o lápis pela vassoura. É a configuração máxima do patriarcalismo existente em nossa cultura brasileira.

Para entendermos a construção dessa sociedade machista é necessário fazermos um breve apanhado com a ajuda de Ribeiro (2018), que faz apontamentos sobre a luta das mulheres para conseguir direitos básicos que já eram garantidos a população masculina. Um deles trata-se do direito ao voto. Mas vemos também que o sufrágio foi primeiro proporcionado as mulheres brancas e de classe média. As mulheres negras estavam ainda à mercê dos desejos de uma elite branca e racista. Por isso Ribeiro (2018) fala de um feminismo que busque e proporcione momentos de fala às meninas que vem sendo silenciadas diariamente por sua cor. Por isso, Djamila Ribeiro defende um feminismo classificado como feminismo negro.

No que refere ao movimento de expansão dos direitos femininos bell hooks, intelectual do movimento negro estadunidense, define feminismo como “um movimento para acabar com o sexismo, exploração sexista e opressão” (2018, p. 17). A autora propõe um tipo de feminismo em que

as mulheres negras, que não são alcançadas pelo feminismo branco com bases racistas, sejam também possíveis. Segundo ela: “Estava claro para as mulheres negras (e para as revolucionárias aliadas da luta) que jamais alcançariam igualdade dentro do patriarcado capitalista de supremacia branca existisse” (HOOKS, 2018, p.20).

A sororidade¹ continua sendo uma ação poderosa, mas ela esbarra, muitas vezes, em questões de classe e de cor. O racismo, por exemplo, não é uma característica restrita aos homens brancos. Sendo assim, para bell hooks, “Enquanto mulheres usarem o poder de classe e de raça para dominar outras mulheres, a sororidade feminista não poderá existir por completo” (2018, p. 36). Assim, a expressão “ninguém solta a mão de ninguém” nem sempre abarca as mulheres negras periféricas. A realidade de adolescentes negras é mais solitária que a vida das adolescentes brancas, outro fator determinante na vida dessas meninas negras é o fato do racismo, mesmo dentro da escola, já dizia Pierre Bourdieu, a escola é uma reprodutora das desigualdades sociais. Esse é um fato capaz de justificar o pensamento de bell hooks, uma mulher branca não pôde compreender o sofrimento de uma mulher negra, não em sua totalidade. E em muitos momentos não são capazes de compreender o peso que as tarefas domésticas impostas acarretam à vida das adolescentes negras, uma vez que são atividades naturalizadas pelo processo histórico escravocrata e servil no Brasil.

Sabemos que, de modo geral, as meninas acumulam muito mais funções no trabalho doméstico do que habitualmente os meninos, no Brasil. O estudo conduzido pela o termo intitulado “POR SER MENINA NO BRASIL”, crescendo entre Direitos e Violências”, em 2013, já apontava a intersecção de classe, gênero, raça e geração na distribuição de tarefas domésticas nos lares de algumas regiões brasileiras. Segundo este estudo:

A distribuição de tarefas ou dos afazeres domésticos entre meninas/adolescentes e meninos/ adolescentes revela uma gritante desigualdade de gênero no espaço doméstico. Enquanto 81,4% das meninas arrumam sua própria cama, 76,8% lavam louça e 65,6% limpam a casa, apenas 11,6% dos seus irmãos homens arrumam a sua própria cama, 12,5% dos seus irmãos homens lavam a louça e 11,4% dos seus irmãos homens limpam a casa. (PLAN INTERNATIONAL BRASIL, 2014, p. 10).

Essa situação foi ainda mais agravada no contexto da pandemia, uma vez que quando as “crianças e adolescentes não vão à escola, a probabilidade de fazerem mais trabalhos domésticos aumenta — especialmente entre as meninas” (OLIVEIRA, 2020). O momento de crise sanitária reverbera no aprofundamento de desigualdades sociais, de gênero e raciais. Além disso, vale destacar que quando “falamos em trabalho doméstico, não estamos tratando de trabalho como os outros, mas,

¹ União de mulheres que compartilham os mesmos ideais e propósitos, normalmente de teor feminista, sendo caracterizada pelo apoio mútuo evidenciado entre essas mulheres.

sim, da manipulação mais disseminada e da violência mais sutil que o capitalismo já perpetuou contra qualquer setor da classe trabalhadora". E este trabalho além de ser imposto às mulheres (de todas as idades), foi transformado em um "atributo natural em vez de ser reconhecido como trabalho, porque foi destinado a não ser remunerado" (FEDERICI, 2019, p. 42-43).

Esse é um indício de violência contra meninas estudantes, porque inviabiliza a continuidade plena das suas atividades escolares e ganha uma camada a mais de opressão quando analisamos a situação de meninas negras, periféricas. Elas são mais impactadas com as exigências de trabalhos domésticos em sua casa, obrigadas, muitas vezes, a cuidar de vários afazeres relacionados aos cuidados familiares, tais como cozinhar, lavar roupas, cuidar dos irmãos mais novos, cuidar de idosos, entre outras atividades. Além disso, faz parte dos grupos sociais com maiores dificuldades de conectividade e acesso a tecnologias de Informação e Educação que lhes permitam manter algum ritmo de estudo durante a pandemia.

É por isso que neste estudo se propôs a realizar uma abordagem baseada na interseccionalidade das categorias de classe, gênero, raça, acrescido do aspecto geracional. Desse modo é possível "perceber que não pode haver primazia de uma opressão sobre as outras e que é preciso romper com a estrutura" (RIBEIRO, 2018, p. 123). Estrutura essa que subjuga as mulheres, quando a cor estar presente é ainda mais eficaz a opressão, mesmo que não tão explícitos de imposição de lugar de servidão, a mulher tem como papel servir, sendo negra a servidão é ainda mais inquisitória.

E é importante destacar que "raça, classe e gênero não podem ser categorias pensadas de forma isolada, porque são indissociáveis" (RIBEIRO, 2018, p. 123). Assim, os "movimentos feministas futuros precisam necessariamente pensar em educação feminista como algo importante na vida de todo mundo" (HOOKS, 2018, p. 46), e ao mesmo compreender as nuances existentes entre a solidão de uma mulher negra, e os privilégios que fazer parte de uma etnia dominante acarreta.

Todavia, é preciso pensar em um bem coletivo, principalmente as mulheres que se encontram em um lugar privilegiado. As mulheres que se encontram em papel de destaque precisam necessariamente utilizar dos aparatos que estão em seu poder, seja ele público ou não. Até mesmo as redes sociais podem ser ferramenta de combate ao sexismo, estudo de luta classes e disseminação das vertentes do feminismo. Sobre a luta de classes feminista bell hooks se preocupou: "quando mulheres que tem poder de classe utilizam, oportunamente, uma plataforma feminista e ao mesmo tempo enfraquecem as políticas feministas, ajudando a manter intacto o sistema patriarcal que ira ressubordiná-las, elas não apenas traem o feminismo, traem a si mesma (HOOKS, 2018, p. 74).

4 RESULTADOS DA PESQUISA

O ano de 2020 ficará marcado na memória coletiva e individual de milhões de brasileiros e brasileiras. Se houve uma época que a Idade Média foi chamada de século das trevas, podemos pensar em retomar esse termo, pois durante o pico de contágio de Covid-19, tivemos diversos grupos que negaram a importância da ciência e à eficácia de um programa de vacinação, compreende-se que para aqueles que perderam entes queridos, foi, de fato, um momento de trevas. O negacionismo científico destes tempos implicou enormes prejuízos à tecitura social, dentre estes colocou o acesso pleno à escolarização de crianças e jovens das redes públicas de educação brasileira em um plano secundário.

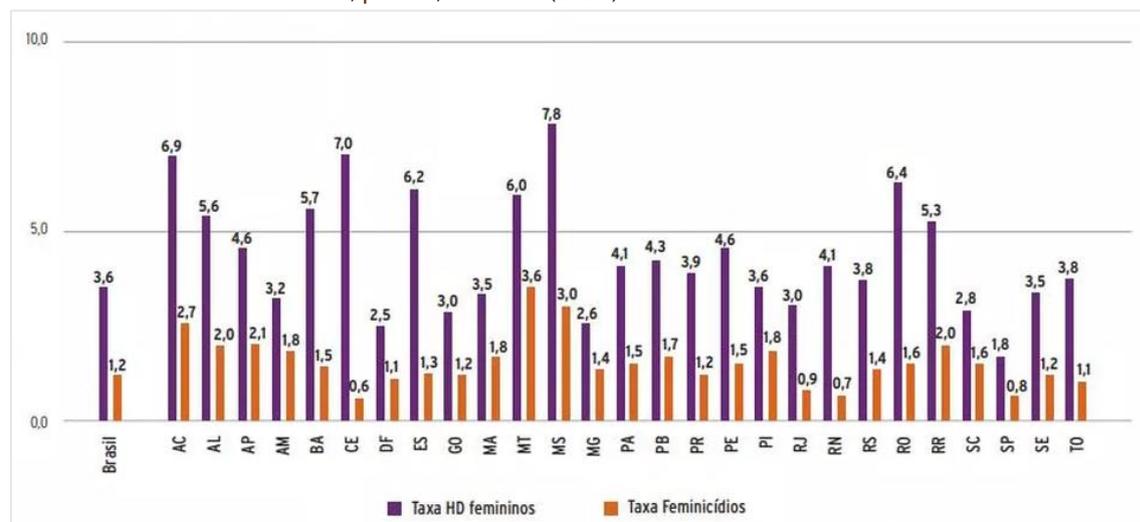
Com a pandemia vários problemas sociais surgiram ou foram aprofundados, tornando as desigualdades sociais ainda mais evidentes. A insuficiência de estrutura do sistema único de saúde foi motivo de grande preocupação de parte do poder público e grande parte da população que depende dessa política social. As medidas de contenção do contato físico, de modo a diminuir o contágio, provocaram enormes impactos na vida cotidiana das pessoas, potencializando a situação de vulnerabilidade de grande parte da população. A fome foi um dos aspectos mais notórios desse período. Com o impedimento de crianças e adolescentes a frequentarem as atividades no espaço escolar, além de ser aprofundada a situação de fome, foi obstaculizada a socialização e a proteção destes grupos sociais, que muitas vezes eram acompanhados principalmente por professores(as) e outros agentes educacionais (BRASIL, 1990).

E a falta de contato social tende a esconder problemas graves que acontecem no seio familiar. No texto “A violência contra meninas e mulheres no ano pandêmico” (MARTINS *et al.*, 2020), seus autores apontam que as queixas contra agressões físicas registradas por mulheres em detrimento da população masculina tiveram uma queda de 7,4% em relação ao ano anterior, 2020 e 2019 respectivamente. Seria muito satisfatório se essa redução de denúncias se isso significasse a redução de agressões, entretanto, ao que parece essa redução teve como agente causador o isolamento social. Aparentemente a falta de contato com a sociedade fez com que as mulheres tivessem mais dificuldade em se locomover e em denunciar. No momento de desenvolvimento desta pesquisa, não foi localizado nenhum estudo mais conclusivo que apontasse dados concretos que esse foi de fato o agente causador, mas é possível concluir, a partir dos dados sistematizados por Bueno, Bohnenberger e Sobral (2022) (ver Figura 1), que indicou o aumento do número de medidas protetivas entre 2019 para 2020 em mais de 34%.

Sobre os casos de assassinatos cometidos contra mulheres (ver Figura 2), ainda se tratando de 2020, observa-se que do total de 3.913 assassinatos registrados neste ano, 1.350 foram averiguados e classificados como feminicídios (MARTINS *et al.*, 2020). Além disso, as mulheres negras (de várias idades, mas principalmente jovens) são as principais vítimas fatais das violências crescentes no período pandêmico. A respeito desses dados se observa que na maioria dos casos quem deveria proteger as mulheres, são na verdade aqueles que agredem, esturpam e até mesmo matam, são os maridos, os namorados, pais, padrastos e até mesmo filhos. A violência doméstica não atinge só as mulheres negras e de classe considerada inferiores, mas os dados demonstram que a taxa de feminicídio é maior entre as mulheres negras. E essas mulheres morrem em sua maioria dentro do lugar que deveria ser o refúgio, ou seja, dentro de suas casas.

FIGURA 1

Taxa homicídios e feminicídios, por UF, no Brasil (2020)



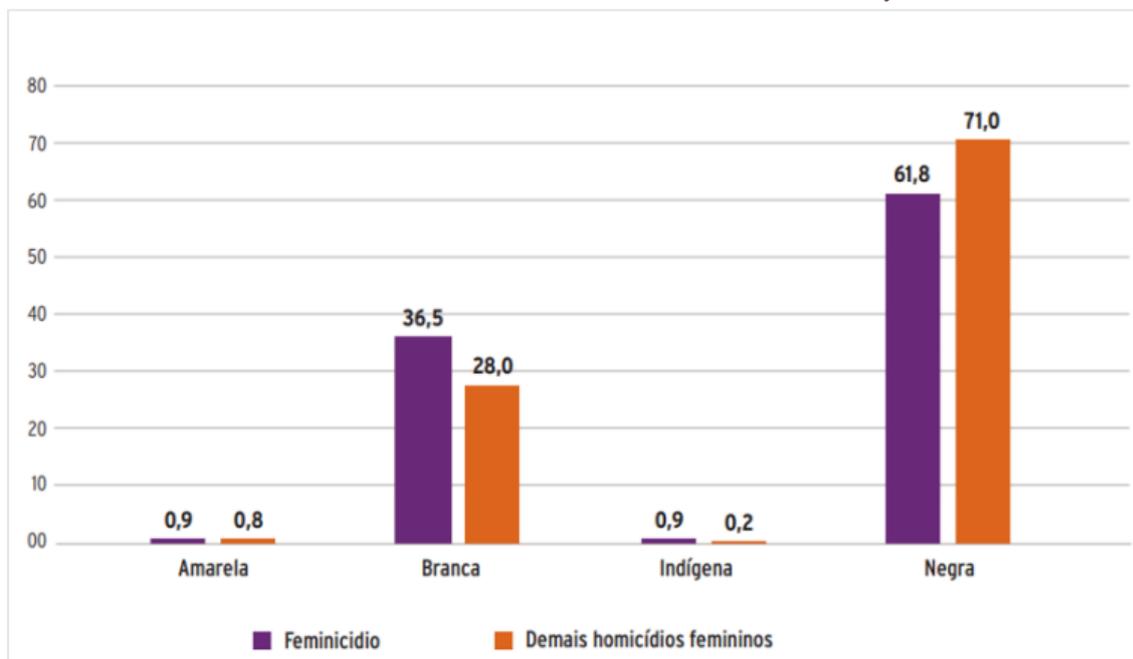
Fonte: Bueno, Bohnenberger e Sobral (2022).

Como aponta o gráfico os estados sofrem uma variação de taxas de homicídios femininos, sendo eles feminicídios ou não. O que o gráfico representa é que ainda existe uma forte cultura de violência contra a mulher brasileira. Essa é uma discussão que vem sendo diariamente pautada dentro das comunidades feministas, buscando provocar a criação e incremento de políticas públicas junto ao poder público. Mesmo que haja algum avanço nas legislações que tratam de crimes contra a mulher, a noção de que “a honra deve ser lavada com o sangue das mulheres” ainda continua vigorando no imaginário coletivo, assim, os índices demonstram que usar de

força física para subjugar e agredir mulheres tem sido violências naturalizadas no processo sócio-histórico brasileiro.

FIGURA 2

Vítimas de feminicídios e demais mortes violentas intencionais de mulheres, raça/cor (2016/2020)



Fonte: Assis (2022).

Vários fatores colocam fim ao sonho educacional de meninas e adolescentes. Dentre os fatores, se encontram a responsabilização precoce com as demandas do cuidado doméstico, como é o caso de cuidar dos irmãos menores ou pessoas doentes e/ou colaborar com os afazeres domésticos corriqueiramente, papel socialmente construído como “função de meninas” e principalmente entre as meninas negras e pobres. Esses fatores podem representar importantes empecilhos que impossibilitam que as meninas em idade escolar participem efetivamente das rotinas escolares. Um outro fator observado foi a questão da gravidez na adolescência (TELLES, 2022). Nesses casos, geralmente quem perde o ano escolar ou quem abandona a escola é a menina. Os adolescentes do sexo masculino, principalmente em se tratando dos pobres e periféricos negros acabam abandonando na escola por outros fatores, não por se tornarem pais precocemente. São comuns os relatos de meninas que não podem concluir a Educação Básica em função da ocorrência de gravidez durante a realização do Ensino Médio. Segundo dados da UNICEF/Brasil (2020),

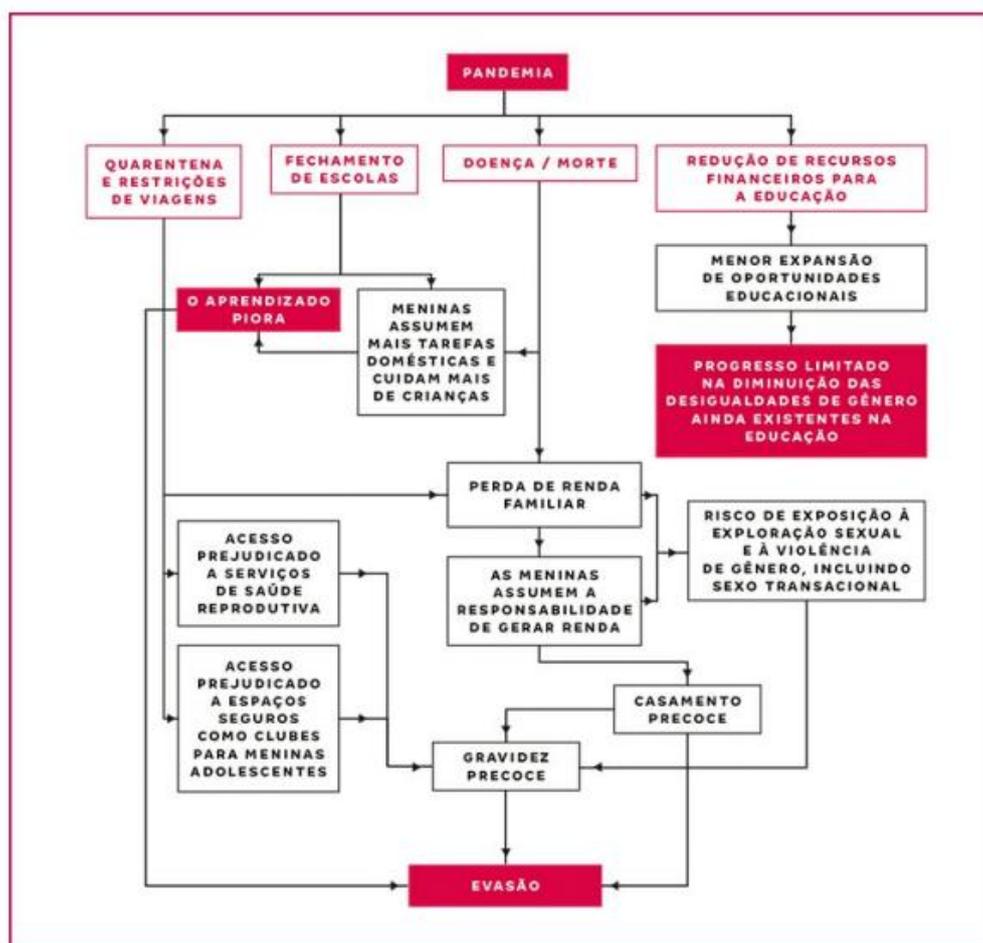
A pandemia da Covid-19 traz, como efeito secundário, o risco de aumento do trabalho infantil no Brasil. Com as escolas fechadas para prevenir a transmissão do vírus e a pobreza se acentuando, o trabalho pode parecer, equivocadamente, uma

forma de meninas e meninos ajudarem suas famílias. Mas ele impacta o desenvolvimento físico e emocional das crianças e pode impedir a continuidade da educação, reproduzindo ciclos de pobreza nas famílias – além de ser porta de entrada para uma série de outras violações de direitos, como a violência sexual. O trabalho infantil é uma forma de violência. Ele atinge crianças e adolescentes em todo o País e, particularmente meninas e meninos negros.

Essa afirmação é demonstrada na Figura 3, apontando as implicações mais imediatas para a vidas das adolescentes brasileiras neste período. Destaca-se a piora do rendimento escolar, retrocesso nas políticas de diminuição de desigualdade de gênero, aumento das tarefas doméstica das meninas, insegurança alimentar, gravidez precoce e evasão escolar.

FIGURA 3

Caminho da evasão escolar das alunas.



Fonte: Infográfico (2021).

Ao realizar análise dessa figura percebe-se que foram diversos fatores que impossibilitaram a permanência das adolescentes na escola durante o processo de pandemia. Comprovando assim

que, as barreiras que restringem e/ou derrubam essas adolescentes são de categoria variadas, mas terminam na mesma seção, destruindo sonhos.

É a falta de informação sobre sexualidade adequada e dessa forma, o sexo sem maturidade e orientações adequadas levam, muitas vezes, à gravidez indesejada. A falta de suporte emocional também se acirrou durante a pandemia, sabe-se que a escola no papel dos professores, pode ser o lugar que uma adolescente pede socorro quando as coisas vão mal em casa, sem aulas presenciais as adolescentes ficaram à mercê exclusivamente dos familiares, em alguns momentos isso significou abuso físico e psicológico, e uma carga extenuante de trabalho.

Gerar renda como aponta a Figura 3 também impediu o acompanhamento das aulas, muitas vezes precisou-se escolher entre buscar o diploma ou dinheiro para despesas básicas, como a alimentação.

Quando essas adolescentes perdem responsáveis também é problemático, sem uma figura de suporte, a rotina se transforma e até mesmo casamentos precoces acontecem. O resultado disso tudo é evasão escolar, o que significa não só a perda do diploma, mas também um ciclo de problemas sociais graves, a falta de emprego adequado, falta de controle de natalidade. Isso tudo subjuga a adolescente a um ciclo de violências já conhecidas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida junto ao Programa de Iniciação Científica do Ensino Médio buscou tratar de um panorama acerca das implicações escolares no período pandêmico, especificamente para as meninas estudantes. Os dados explorados indicaram algumas tendências que carecem ser mais bem trabalhadas em pesquisas qualitativas que possam dar vozes a estas meninas que foram sobrecarregadas com diversas camadas de violências (simbólico e não simbólica).

A reflexão acerca da importância do espaço escolar constituído à luz da perspectiva emancipatória, demonstra que há um longo caminho a ser trilhado no que diz respeito à construção de uma escola que ensine não só a pensar, como também permita que estas pessoas alcancem a capacidade de “realizarem experiência”, nos termos em que tratava Adorno (2000). Além disso, os vieses de classe, gênero e raça devem ser considerados de modo articulados, de forma interseccional, incorporando nuances que muitas vezes são pouco delimitadas nos dados quantitativos.

A necessidade de políticas públicas pautadas na melhoria da educação básica já era um fato de urgência, após a pandemia global do Covid-19, ficou mais imperativo que o “Estado” implemente projetos visando sanar o retrocesso educacional acarretado por esse episódio histórico, social e da saúde mundial. Sendo preciso um cuidado máximo com as adolescentes, haja

visto que essas foram as mais prejudicadas em se tratando de perda educacional e até mesmo social. Políticas públicas é a maneira de possibilitar um atenuante para essa “tragédia”. A educação voltada para a emancipação é um importante passo no sentido da transformação humana e na busca pela igualdade de gênero.

OS AUTORES

Kaithy das Chagas Oliveira

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Formosa/Departamento de Áreas Acadêmicas
kaithy.oliveira@ifg.edu.br

Ketlen Miranda de Jesus Costa

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Formosa/Técnico Integrado em Saneamento – PIBIC-EM
c.ketlen@estudantes.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

ADORNO, Theodor W. *Educação e emancipação*. Trad. Wolfgang Leo Maar. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000.

ARIÈS, Philippe. *História social da criança e da família*. Trad. Dora Flaksman. 2. ed. Rio de Janeiro: LCT, 2017.

ASSIS, Michelle Morais. *Teoria feminista pós-colonial e o aumento da violência doméstica no Brasil durante a pandemia do coronavírus*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Relações Internacionais) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

BOURDIEU, Pierre; CHAMBOREDON, Jean-Claude; PASSERON, Jean-Claude. *A profissão de sociólogo*. Petrópolis: Vozes, 1999.

BRASIL. Lei 8.069, de 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 16 jul. 1990.

BUENO, Samira; BOHNENBERGER, Marina; SOBRAL, Isabela A violência contra meninas e mulheres no ano pandêmico. In: FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA. *Anuário Brasileiro de Segurança Pública*. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://forumseguranca.org.br/wp-content/uploads/2021/07/6-a-violencia-contra-meninas-e-mulheres-no-ano-pandemico.pdf>. Acesso em: 29 set. 2022.

FEDERICI, Silvia. *Calibã e a bruxa: mulheres, corpo e acumulação primitiva*. Trad. Coletivo Sycorax. São Paulo: Elefante, 2019.

HOBBSAWM, Eric J. *Da Revolução Industrial inglesa ao imperialismo*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2000.

HOOKS, bell. Mulheres negras: moldando a teoria feminista. Trad. Roberto Cataldo Costa. *Revista Brasileira de Ciência Política*, n.16, p. 193-210, jan.-abr. 2015.

INFOGRÁFICO: o caminho da evasão escolar das alunas na pandemia. *Nova Escola*, 22 mar. 2021. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/20208/infografico-o-caminho-da-evasao-escolar-das-alunas-na-pandemia>. Acesso em: 29 set. 2022.

MARTINS, Andréa Maria de B. L. et al. Violência contra a mulher em tempos de pandemia da Covid-19 no Brasil: uma revisão integrativa. *Revista Enfermagem Atual In Derme*, edição especial, e020009, 2020.

OLIVEIRA, Sara. Escolas fechadas: mais trabalho doméstico para meninas. *Nexo Jornal*, 10 jul. 2020. Não paginado. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/ensaio/debate/2020/Escolas-fechadas-mais-trabalho-dom%C3%A9stico-para-as-meninas>. Acesso em: 29 set. 2022.

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). OMS declara emergência de saúde pública de importância internacional por surto de novo coronavírus. *Notícias*, 30 jan. 2020. Disponível em <https://www.paho.org/pt/news/30-1-2020-who-declares-public-health-emergency-novel-coronavirus>. Acesso em: 29 set. 2022.

RIBEIRO, Djamila. *Quem tem medo do feminismo negro?* São Paulo: Companhia das Letras, 2018.

SCHIMIDT, Steffanie. Morrer sem oxigênio em Manaus, a tragédia que escancara a negligência política na pandemia. *El País*, 14 jan. 2021. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2021-01-15/morrer-sem-oxigenio-em-uma-maca-em-manaus-a-tragedia-que-escancara-a-negligencia-politica-na-pandemia.html>. Acesso em: 22 set. 2022.

TELLES, Flávia. Gravidez na adolescência é uma das principais causas da evasão escolar. *Esquerda Diário*, 7 ago. 2018. Disponível em: <https://www.esquerdadiario.com.br/Gravidez-na-adolescencia-e-uma-das-principais-causas-da-evasao-escolar> Acesso em: 22 set. 2022.

UNICEF. *UNICEF alerta para o risco de aumento do trabalho infantil durante e após a pandemia*. *Unicef.org*, 12 jun. 2020. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-im-prensa/unicef-alerta-para-o-risco-de-aumento-do-trabalho-infantil-durante-e-apos> Acesso em: 29 set. 2022.

Acesso e uso do acervo virtual de bibliotecas na perspectiva dos estudantes do IFG durante o isolamento social

14

Maria Aparecida Rodrigues de Souza
Júlia Gonçalves Borges

Resumo

Apresentam-se os resultados do projeto de pesquisa que objetivou analisar o acesso e o uso de acervo virtual de bibliotecas na perspectiva dos estudantes do Instituto Federal de Goiás, no contexto da pandemia mundial da Covid-19. A pesquisa foi bibliográfica e de campo com aplicação de questionário on-line disponibilizado no Terminal Sophia WEB, gerenciado pelo Sistema Integrado de Bibliotecas da instituição. A análise e a discussão dos dados obtiveram por resultado os caminhos e impedimentos dos estudantes acerca do acesso e do uso do acervo virtual das bibliotecas durante o ensino remoto emergencial por meio das tecnologias digitais de informação e comunicação. Na perspectiva dos estudantes, os principais

impactos do isolamento social no acesso e no uso do acervo virtual foram as exceções e a dependência de: disponibilização de acervo on-line pelas bibliotecas; indicação de materiais por professores pela plataforma de ensino e aprendizagem Moodle; condições econômicas para manter dispositivos digitais na residência; capacidade da Internet contratada pelos estudantes individualmente; competência de cada um para manusear as ferramentas tecnológicas no processo de busca, uso e apropriação da informação ao conhecimento. Considera-se que esses fatores determinaram a acessibilidade ou não dos estudantes à biblioteca virtual no período do ensino remoto emergencial.

Palavras-chave: Ensino remoto emergencial. Acesso à informação. Biblioteca virtual. Saúde pública

1 INTRODUÇÃO

Durante o período da pandemia causada pelo novo coronavírus, a Covid-19,¹ mais intensamente nos anos de 2020 e 2021, o distanciamento social foi instalado no mundo. Nesse biênio, as pessoas se viram impedidas de realizar encontros presenciais de qualquer natureza, seja ela para lazer, estudo, convívio familiar, trabalho, entre outros fins.

¹ “A Covid-19 é uma infecção respiratória aguda causada pelo coronavírus Sars Cov-2, potencialmente grave, de elevada transmissibilidade e de distribuição global” (OMS, 2021).

No que se refere ao sistema educacional brasileiro, nesse período as instituições de ensino deixaram de ofertar aulas no formato presencial, priorizando os atendimentos via sistema remoto através das redes sociais, das plataformas virtuais de ensino e aprendizagem, telefonia, além de outros mecanismos de comunicação on-line, em respeito à Portaria do Ministério da Educação (MEC) n. 572, de 1º de julho de 2020, que instituiu o Protocolo de Biossegurança para Retorno das Atividades nas Instituições Federais de Ensino, e à Portaria do MEC n. 1.038, de 7 de dezembro de 2020, que dispôs sobre a substituição das aulas presenciais por aulas em meio digitais, enquanto durasse a situação de pandemia do novo coronavírus (BRASIL, 2020).

A pandemia da Covid-19 mudou o ensino de presencial para remoto, bem como promoveu “a suspensão parcial das atividades nas bibliotecas. As escolas e universidades, após a adoção do Ensino Remoto Emergencial, foram privadas do acesso a acervos vitais para suas atividades” (FRANKLIN; DURAN, 2021, p. 1). As bibliotecas das instituições de ensino tiveram que se reinventar, principalmente aquelas que eram essencialmente físicas. Surge daí a motivação para realizar a pesquisa com tal temática pela necessidade de identificar os problemas enfrentados por estudantes afetados em razão da mudança na forma de acesso e uso do acervo da biblioteca.

Nesse ínterim, as atividades de disponibilização de material informacional pelas bibliotecas foram remodeladas deixando de ofertar serviço de atendimento presencial como empréstimo e consulta ao acervo físico, que passou a ser essencialmente virtual. As bibliotecas das instituições de ensino que não tinham acervo virtual para atender às demandas dos projetos pedagógicos tiveram que buscar alternativas para resolver o problema. Uma solução encontrada foi a instituição aderir ao sistema de assinatura de acervo virtual para suas bibliotecas e disponibilizar à comunidade acadêmica.

Essa solução foi adotada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas (SIB) do Instituto Federal de Goiás (IFG, 2020). O SIB/IFG conseguiu, em 2021, colocar à disposição dos estudantes e servidores da instituição mais de 12.000 títulos de livros eletrônicos, por intermédio da Biblioteca Virtual Pearson (IFG, 2021). Realizamos esta pesquisa buscando compreender como se deu o acesso aos materiais de estudo disponibilizado tanto pelo SIB/IFG quanto os indicados pelos professores, na perspectiva dos estudantes do IFG.

A justificativa para esse estudo decorre da possibilidade de obter resultados que possam contribuir para gestão de acervo e serviços pelo SIB/IFG utilizável pela comunidade acadêmica. O redimensionamento dos serviços da biblioteca dará suporte ao processo ensino-aprendizagem na medida em que indicará a realidade dos estudantes no contexto da educação para informação interligada às tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) a partir de um estado de emergência.

O objetivo geral da pesquisa foi analisar o acesso e uso de acervo virtual de biblioteca na perspectiva dos estudantes do IFG durante o isolamento social. Para sua consecução os objetivos específicos foram:

- Identificar as (im)possibilidades de uso e acesso ao acervo virtual por estudantes do IFG durante a pandemia;
- Caracterizar as dificuldades de acesso ao material de estudo e as possíveis necessidades de formação em letramento informacional e digital para uso e apropriação da informação ao conhecimento;
- Especificar os materiais informacionais e sua integração às TDIC que atenderam às demandas dos estudantes da educação profissional, científica e tecnológica no contexto do Ensino Remoto Emergencial (ERE).

Embasamos na revisão da literatura a necessidade de analisar o acesso e o uso da informação na apropriação do conhecimento por estudantes do IFG no período do isolamento social. Na pesquisa nos propomos a responder ao problema: como se deu o acesso e uso ao acervo virtual das bibliotecas durante o isolamento social na perspectiva dos estudantes?

2 MARCO TEÓRICO

A súbita pandemia do novo coronavírus impactou diretamente o sistema de ensino de formato presencial, provocando uma mudança repentina de modalidade. Para minimizar as consequências da pandemia sobre a educação, foi implementado o ERE em instituições educacionais. As instituições de educação básica e superior,

por exemplo, iniciaram programas de Ensino Remoto Emergencial em que há uma adaptação dos cursos presenciais já implementados incrementados às tecnologias digitais da informação e comunicação [...]. Os efeitos positivos e negativos, os erros e acertos, dessa adaptação serão discutidos, provavelmente, pelas comunidades acadêmicas nas próximas décadas (FRANKLIN; DURAN, 2021, p. 5).

O impacto da mudança drástica ocorrida nos serviços e atendimentos em instituições ensino e em seus setores foi sentido de imediato pelos estudantes. A mudança abrupta, mesmo que necessária a manutenção da saúde pública, afetou não somente a estrutura organizacional da instituição como também a cultura educacional da sociedade, apresentando por reflexo resultados nem sempre satisfatórios. As bibliotecas, como setor de apoio ao ensino,

por seu turno, intimamente ligadas à vida escolar e universitária, apresentaram ações muito mais conservadoras, limitando-se a integrar as mídias sociais às atividades rotineiras, implementar repositórios digitais de teses e dissertações e assimilar sistemas de mensagens ao teor de seu atendimento (FRANKLIN; DURAN, 2021, p. 5).

Em situação de ERE, no entendimento de Franklin e Duran (2021), os usuários de bibliotecas de modelo conservador são mais prejudicados. Segundo os autores, com a biblioteca que se restringe a integrar às mídias as atividades já existentes, o estado da exceção se instala, por manter a essência dos serviços na oferta de acervo físico. Esse modelo de biblioteca não atende às necessidades de um contexto de distanciamento social. Durante o ERE, as bibliotecas têm que mudar de paradigma buscando oferecer suporte informacional no formato virtual e também prover formação em letramento informacional e digital.

A educação perpassa pelo acesso, pelo uso e pela apropriação da informação para o conhecimento, seja ela no formato virtual ou físico. Na história em quadrinhos *Calvin e Haroldo* (WATTERSON, 2009), a personagem Calvin tenta realizar uma pesquisa científica sobre morcegos, porém faz a pesquisa sem ir a uma biblioteca ou consultar fontes confiáveis. O trabalho apresentado à professora tem resultado insatisfatório. A leitura da história nos ajuda a compreender a importância de o estudante ter à sua disposição um acervo para realizar seus estudos.

Para usar o acervo de uma biblioteca o estudante deve apresentar competências para buscar, recuperar, ler, selecionar o material e se apropriar da informação (análise e resultados). Essas são as etapas do letramento informacional, que, na atual conjuntura, depende também de saber utilizar as TDIC. O estudante que não recebeu educação para a informação ao longo da vida, logo na primeira etapa do processo, encontraria dificuldade no ERE.

O regime de exceção, que fechou as bibliotecas no período de pandemia, pode também abrir possibilidades de circulação de seus acervos, ensejando e potencializando sua própria razão de ser. As Bibliotecas Emergenciais podem oferecer uma resposta afirmativa alternativa às restrições e à escassez, que caracterizaram o enfrentamento à pandemia (FRANKLIN; DURAN, 2021, p. 1).

O isolamento social impactou as bibliotecas levando-as a apresentar novos serviços de base virtual ou aderir a eles. Os novos serviços e o embargo de outros promoveram ora a inclusão ora a exclusão ao atender às questões emergenciais de saúde pública que precisavam de alternativas que minimizassem os efeitos da pandemia sobre o sistema educacional.

Na pandemia, para as bibliotecas não serem partícipes das “capacidades reprográficas da materialidade dos objetos digitais, nas licenças abertas, no domínio público e no trânsito clandestino de livros piratas nas áreas obscuras da internet” (FRANKLIN; DURAN, 2021, p. 23), elas tiveram que propor solução à problemática do acesso à informação, uma vez que “a grande massa de estudantes e professores brasileiros, em todos os níveis educacionais, ainda enxerga a pesquisa como prática sofisticada e restrita” (PEIXOTO, 2016, p. 167).

Ao considerarmos as afirmações de Peixoto (2016) e de Franklin e Duran (2021), acerca da atuação das bibliotecas no meio educacional num contexto pandêmico, a realização da pesquisa científica torna-

se mais fragilizada, na medida em que o desenvolvimento das atividades acadêmicas está imbricado no acesso, no uso e na apropriação da informação para o conhecimento via TDIC e recursos virtuais.

Conforme os estudos de Souza *et al.* (2020), 14,7% dos participantes da pesquisa com estudantes do Ensino Médio, cursistas da ação de extensão em iniciação científica, realizada em 2019, tinham computador com Internet em casa, mas não sabiam manuseá-lo com competência, sendo necessário instruí-los sobre o procedimento básico de informática. Com base no dado apresentado, às portas de um período da pandemia, estudantes já anunciavam dificuldade de uso das TDIC para estudo. Essa dificuldade tendeu a aumentar com o fechamento do acervo físico das bibliotecas.

Nas bibliotecas do IFG, na tentativa de tornar a plataforma Moodle em um ambiente de formação de estudantes em letramento informacional e digital (MEDRADO *et al.*, 2020), foi identificada a dificuldade da comunidade no uso de acervo virtual para pesquisa. Embora as bibliotecas do IFG tenham sua origem em uma instituição centenária, desde a Escola de Aprendizes Artífices, a intensificação de acesso ao acervo virtual aconteceu a partir da Lei n. 11.892, de 29 de dezembro de 2008, com a criação dos Institutos Federais. Esse marco legislativo impulsionou as bibliotecas do IFG a iniciar o processo de gestão do acervo em rede, por meio da institucionalização do SIB/IFG, regulamentado pela Resolução n. 5, de 26 de março de 2013. Dentre as finalidades do SIB/IFG está a otimização do uso dos recursos informacionais e tecnológicos do setor, de forma a atender às demandas de ensino, pesquisa e extensão. Portanto, o investimento em sistema eletrônico de gerenciamento de acervo, bem como em disponibilização de material virtual, seria uma proposta necessária de uma sociedade em rede.

Entre as políticas de otimização de informação técnico-científico disponível para a comunidade acadêmica em meio digital estão o Portal de Periódicos da Capes, o Repositório Digital do IFG (ReDi IFG)² – instituído pela Resolução CONSUP/IFG de n. 27, de 2 de outubro de 2017 – e o Portal de Periódicos do IFG. Recentemente, com a pandemia, ocorreu a assinatura da Biblioteca Virtual pelo IFG, visando atender às demandas do ERE. Para tanto, as bibliotecas do IFG redimensionaram o sistema de atendimento ao usuário, saindo bruscamente do atendimento presencial para o remoto. A metamorfose ocorrida nas atividades e no serviço-fim da biblioteca teve impacto direto no acesso e no uso do acervo pelo estudante.

No que se refere à comunicação da biblioteca com o estudante foi por meio de canais oficiais como: correio eletrônico, Instagram, WhatsApp, Google Meet e ambiente virtual de ensino-aprendizagem Moodle. O sistema Sophia foi a tecnologia de base digital utilizada pelo SIB/IFG para disponibilizar

² O ReDi IFG, no Relatório Anual de Gestão 2021 (IFG, 2022), compreendia 715 trabalhos disponibilizados no total, sendo artigos, teses, dissertações, trabalho de conclusão de curso e monografias produzidas e defendidos no âmbito da Instituição.

o acervo virtual adquirido para atender às demandas do ERE (IFG, 2022). Os serviços rotineiros de empréstimo e devolução de acervo físico das bibliotecas do IFG foram interrompidos. Em substituição a esses serviços foram disponibilizados aos estudantes material virtual pela Biblioteca Pearson.

Entretanto aponta-se para a necessidade de que os estudos em Competência em Informação na Educação Profissional e Tecnológica continuem sendo desenvolvidos de maneira a que possam se criar instrumentos específicos, que atendam às próprias demandas da Educação Profissional e Tecnológica enquanto campo do conhecimento devidamente estabelecido, e que seja adaptável às dinâmicas informacionais dos jovens brasileiros em processo de profissionalização e de formação para o mundo do trabalho (SILVA; TEIXEIRA, 2021, p. 22).

A possibilidade de uso e apropriação da informação para o conhecimento, desde o ingresso na Instituição de forma contínua por meio de desenvolvimento de habilidade de pesquisa (busca, recuperação e uso da informação em seus diversos formatos), é o ponto crucial na construção do conhecimento. No cenário da pandemia, o letramento informacional e digital foi um dos elementos possibilitadores de acesso e uso do acervo virtual. É por meio da educação para a informação que se desenvolvem habilidades de uso do acervo. Com a interlocução entre o letramento informacional e o digital, a desinformação é minimizada (SOUZA; OLIVEIRA; SILVA, 2020; OLIVEIRA; SILVA, 2018). As instituições de ensino têm papel relevante no processo de facilitar à comunidade acadêmica o acesso à informação, por meio dos serviços prestados pela biblioteca, como corresponsável pelas políticas de desenvolvimento de acervo para atendimento às demandas educacionais.

Portanto, na emergência causada pela pandemia, as bibliotecas, em especial as do IFG, tiveram que se reinventar e reestruturar seus serviços e o acesso ao acervo para ser suporte de apoio no ERE. Para amenizar as consequências da mudança repentina na modalidade de ensino, o SIB/IFG assinou a Biblioteca Virtual Pearson contemplando as várias áreas dos cursos ofertados pelo IFG. No entanto, não houve tempo hábil para realizar um estudo prévio para identificar as possíveis dificuldades que os estudantes teriam acerca das alternativas de acesso e uso de materiais virtuais para seus estudos e pesquisas.

No contexto em que a sociedade foi convocada ao isolamento social, acessar informação implica passar por letramento informacional e digital que compreende: selecionar métodos e sistemas informáticos apropriados; construir e implementar estratégias de pesquisa on-line; recuperar informações on-line; extrair, registrar e gerenciar as informações recuperadas utilizando recursos informáticos (ACRL, 2015). Essas competências impactam diretamente o processo de acesso e uso do acervo informacional virtual.

Portanto, é imprescindível que a instituição de ensino conheça as perspectivas dos estudantes acerca do acesso e do uso do acervo virtual, pois o recurso a ele é uma constante, com o avanço das tecnologias de base digital, na vida escolar/acadêmica, o que influencia na educação ao longo da vida e no acesso à informação. Na pesquisa de Santos *et al.* (2013), confirmou-se que há

necessidade basilar de possuir uma biblioteca virtual no IFG para os discentes dos cursos de educação a distância utilizarem em seus estudos e pesquisas. Esta ferramenta abre possibilidades para um novo olhar sobre a biblioteca que antes era vista como um espaço [...] materializado em estantes repletas de livros. A biblioteca virtual tem como um de seus pontos positivos o respeito à disponibilidade individual de tempo para o estudo de cada aluno/a dos cursos (SANTOS *et al.*, 2013, p. 400).

As bibliotecas exercem papel importante ao tornar o acesso à informação significativo e universal. A biblioteca virtual contribui para a democratização da informação em prol da construção do conhecimento. No entanto, o domínio das TDIC pelo usuário requer habilidades necessárias na gestão da informação, sendo o acervo virtual composto por materiais digitais com acesso pela Internet.

3 METODOLOGIA

Diante dos problemas enfrentados pelos estudantes, ao terem que mudar consideravelmente a forma de acesso ao acervo de uma biblioteca, de base física para virtual, optou-se por uma pesquisa de abordagem qualitativa de base bibliográfica, complementada pela pesquisa de campo. Esse tipo de abordagem permite

entender a realidade de forma holística. Isto é, uma pesquisa que permite a observação do contexto em sua forma natural e atendendo seus diferentes ângulos e perspectivas. Para tanto, é necessário a utilização de diversas técnicas interativas, flexíveis e abertas, que permitam captar a realidade com todas as dimensões que a completam (DORIO ALCARAZ; SABARIEGO PUIG; MASSOT LAFON, 2016, p. 269, tradução nossa).

A escolha da metodologia qualitativa está vinculada ao enfoque para explicar uma realidade e apontar um marco teórico-empírico de referência partindo dos dados. “A pesquisa qualitativa reflete, descreve e interpreta a realidade educativa com o fim de chegar à compreensão ou à transformação de tal realidade, a partir do significado atribuído pelas pessoas que a integram” (DORIO ALCARAZ; SABARIEGO PUIG; MASSOT LAFON, 2016, p. 275, tradução nossa). No nosso caso, a pesquisa pretendeu compreender e interpretar a realidade para chegar a uma teoria. Para tanto, o método indicado foi o da teoria fundamentada. Esse método tem por característica peculiar construir teoria para explicar a realidade sobre a base da coleta e da análise sistemática dos dados (SABARIEGO PUIG; MASSOT LAFON; DORIO ALCARAZ, 2016; HERNÁNDEZ SAMPIERI; FERNÁNDEZ COLLADO; BAPTISTA LUCIO, 2013). Isso ocorre quando no processo da pesquisa surge a necessidade de identificar concepções teóricas que vão emergindo no decorrer da revisão da literatura e da análise dos dados.

A teoria fundamentada é um método de pesquisa de natureza exploratória cujo propósito é descobrir teorias, conceitos, hipóteses e proposições partindo diretamente dos dados. Se denomina teoria porque seu objetivo é recolher e analisar os dados resultantes da pesquisa a fim de gerar uma teoria, é fundamentada porque a teoria se gera e fundamenta a partir dos dados. A ideia essencial da teoria fundamentada é que a teoria se desenvolverá indutivamente a partir dos dados. Este enfoque resulta adequado em áreas de investigação substancialmente novas, onde há falta de conceitos fundamentados para descrever e explicar o que sucede (SABARIEGO PUIG; MASSOT LAFON; DORIO ALCARAZ, 2016, p. 310, tradução nossa).

A metodologia adotada neste trabalho consiste em uma pesquisa de cunho descritivo e exploratório utilizando levantamento bibliográfico “constituído principalmente de livros e artigos científicos” (GIL, 2010, p. 48) sobre a temática uso e acesso de acervo virtual em tempos de pandemia na perspectiva de estudantes. A revisão de literatura esteve presente durante todo o processo da pesquisa. É a revisão que dá fundamentação teórica ao estudo e permite o resumo de toda a informação existente de maneira imparcial. A revisão de literatura permite que outros pesquisadores façam atualizações do texto (SOUZA; SOUZA; SABOIA, 2021). Também foi analisado material documental: relatórios, legislações, a página eletrônica do IFG e o sistema de gerenciamento eletrônico de acervo Sophia WEB.

O método da teoria fundamentada de abordagem qualitativa compreende três momentos para sua consecução: acesso ao cenário, entrada em campo, saída do cenário. O primeiro momento da pesquisa foi a fase de acesso ao cenário, quando ocorreram o planejamento dos objetivos iniciais, o estabelecimento de estratégias de entrada, a seleção do método, a redefinição do problema e das questões de pesquisa. Ancorados na revisão bibliográfica, buscamos na fundamentação teórica compreender o papel da instituição, por meio das bibliotecas, no processo de disponibilização de material de estudo aos estudantes no contexto da pandemia.

O levantamento bibliográfico foi realizado no Google Scholar no período de 2021 a 2022. No buscador encontramos três artigos, em português, que tratavam sobre a importância da biblioteca virtual no contexto do ERE. Os artigos de nosso interesse foram destes autores: Franklin e Duran (2021), Silva e Teixeira (2021) e Santos *et al.* (2013).

A partir da revisão da literatura, identificamos a necessidade de estudo documental para compreender as políticas educacionais adotadas pelas instituições de ensino ante o isolamento social. Definimos por universo da pesquisa o IFG para leitura e análise dos documentos elaborados pela Instituição a fim de regulamentar a forma em que seriam ofertadas as aulas no contexto pandêmico. Os documentos regulamentadores do estabelecimento do ERE no IFG que analisamos foram:

- a) Portaria Normativa Reitoria/IFG n. 14, de 24 de julho de 2020, alterada pela Portaria Normativa Reitoria/IFG n. 18, de 4 de setembro de 2020, que estabelece, por tempo inde-

- terminado, as normas e os procedimentos relativos às atividades administrativas e acadêmicas do IFG durante o período de enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente da pandemia gerada pela Covid-19;
- b) Portaria MEC n. 572, de 1º de julho de 2020, que institui o Protocolo de Biossegurança para Retorno das Atividades nas Instituições Federais de Ensino e dá outras providências;
 - c) Portaria MEC n. 1.096, de 30 de dezembro de 2020, que dispõe sobre o retorno às aulas presenciais e sobre caráter excepcional de utilização de recursos educacionais digitais para integralização da carga horária das atividades pedagógicas dos cursos da educação profissional técnica de nível médio, das instituições do sistema federal de ensino, enquanto durar a situação de pandemia do Novo Coronavírus – Covid-19;
 - d) Resolução Reitoria/Consup/IFG n. 46, de 10 de março de 2021;
 - e) Resolução IFG n. 60, de 17 maio de 2021, definidora do retorno às atividades acadêmicas de forma presencial no IFG.

Os documentos analisados nos ajudaram a definir os anos de 2020 e 2021 como marco temporal da pesquisa. O número de estudantes inscritos na IFG é outro indicador da quantidade de potenciais participantes da pesquisa. No ano base 2021, o total de estudantes do IFG oriundos de cursos regulares e presenciais era 16.148 (VISÃO IFG, 2013),³ espalhados no estado de Goiás, pelos 14 câmpus. Pela impossibilidade de abordarmos tamanho universo, num período de aproximadamente seis meses, restringimos a população, concentrando-a em um câmpus do IFG. Sendo assim, optamos por realizar um estudo exploratório, por meio de amostragem. Selecionamos por participantes os estudantes, com no mínimo 18 anos, do Câmpus Inhumas, que foram matriculados no ano de 2022 e que tivessem estudado no IFG em 2020 e/ou 2021.

A pesquisa de campo constituiu o segundo momento da investigação, a fase de acesso aos dados dos sujeitos e de caracterização do público que participaria do estudo (GIL, 2010). Como a pesquisa envolveu seres humanos, foi necessária a submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFG para aprovação dos procedimentos de abordagem pré-definidos. O registro da pesquisa no CEP ocorreu no mês de dezembro de 2021 com o parecer número 5.200.595.

Para acesso aos dados dos estudantes estabelecemos contatos com a Coordenação de Registros Acadêmicos e Escolares (CORAE) do Câmpus Inhumas. Esse setor nos forneceu a lista de estudantes matriculados com os respectivos dados de interesse da pesquisa (nome, e-mail e data de nascimento). A partir das informações retiradas da lista, selecionamos os participantes da pesquisa. A amostragem foi intencional, uma vez que foram convidados estudantes maiores de idade e que

³ Sistema Visão IFG é de acesso restrito aos gestores acadêmicos.

frequentaram as aulas no IFG no período de 2020 e/ou 2021. Na fase de coleta e análise dos dados determinamos procedimentos e técnicas de aplicação de questionário e análise de documentos oficiais que proporcionaram a compreensão sobre determinados comportamentos individuais e sociais ocorridos (DORIO ALCARAZ; SABARIEGO PUIG; MASSOT LAFON, 2016).

A triangulação de técnicas e procedimentos de coleta de informação (revisão de literatura, pesquisa documentária e de campo) de maneira complementar e/ou simultânea foi empregada para termos condições de constatar e validar a informação obtida. A análise dos dados foi descritiva/interpretacional. O pretendido, com esse tipo de análise, foi

a identificação (e categorização) de elementos (temas, pautas, significados, conteúdos) e a exploração de suas conexões, de sua regularidade ou raridade, de suas origens/gênese (VALLES, 1999, p. 387). [...] É pelo processo de teorização que tentaremos descobrir e manipular categorias abstratas e as relações entre elas, utilizando esta teoria para desenvolver e confirmar o como e o porquê dos fenômenos através de uma contínua interpretação entre as análises e a coleta de dados. (SABARIEGO PUIG; MASSOT LAFON; DORIO ALCARAZ, 2016, p. 310, tradução nossa).

Por meio da análise descritiva/interpretacional, identificamos por quantitativo da população a ser pesquisada 777 estudantes do Câmpus Inhumas (VISÃO IFG, 2023), que corresponde a 4,81% do total da população do IFG. Pelo método a ser utilizado, teoria fundamentada (HERNÁNDEZ SAMPIERI; FERNÁNDEZ COLLADO; BAPTISTA LUCIO, 2013), o quantitativo da amostra foi o suficiente para conferir consistência e veracidade à realidade investigada.

Da população de Inhumas estavam aptos a participar da pesquisa 123 estudantes. O envio do material de divulgação foi direcionado a partir da planilha de informação fornecida (Quadro 1) pela CORAE do Câmpus Inhumas.

QUADRO 1

Caracterização geral dos participantes da pesquisa

Dados analisados	Quantidade
Número de estudantes aptos	123
Faixa etária	18 a 47 anos
Cursos	EJA em Panificação Cursos técnicos (Informática para internet, Agroindústria, Química) Superior (Licenciatura em Química, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Engenharia de Software, Sistemas de Informação) Especialização

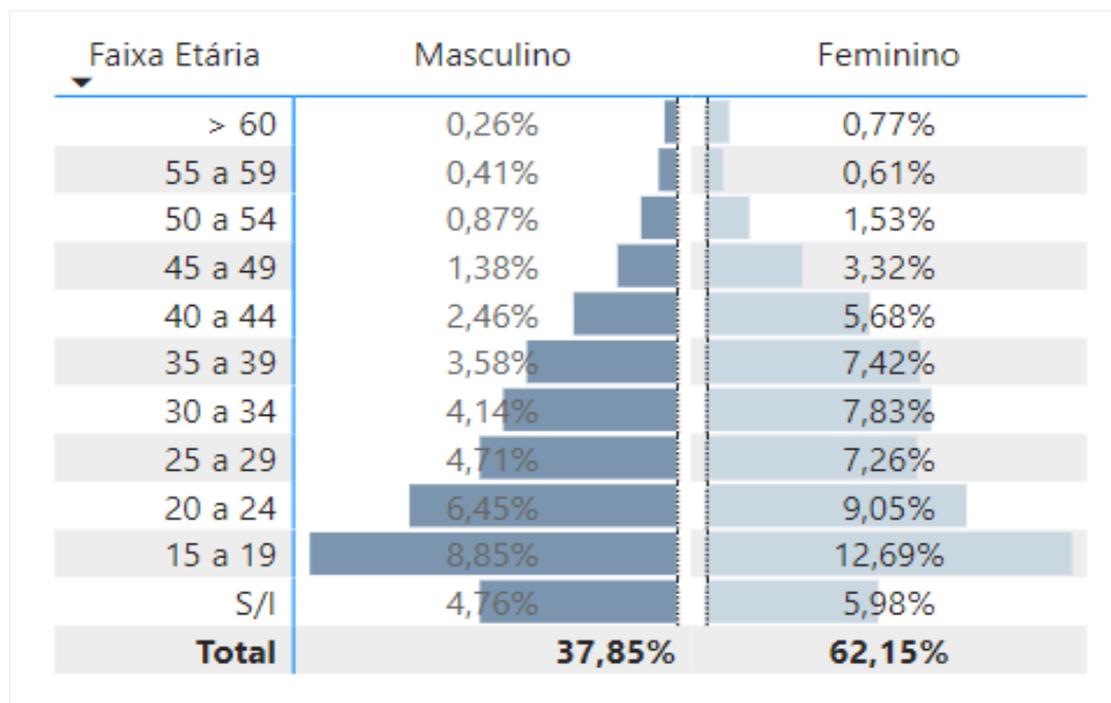
Fonte: Elaborado pelas autoras.

Os convidados para participar da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento livre e esclarecido (TCLE) disponibilizado na primeira seção do formulário, respondendo a opção sim entre as opções “Sim”, “Não” ou “Preciso de mais informações”. Ficou sob a responsabilidade das pesquisadoras o armazenamento adequado dos dados coletados, bem como os procedimentos para assegurar o sigilo e a confidencialidade das informações do participante da pesquisa. Uma vez concluída a coleta de dados, nós, pesquisadoras, arquivamos os dados coletados num dispositivo eletrônico local, apagando todo e qualquer registro de plataforma virtual, ambiente compartilhado ou “nuvem”. Conforme preconizado pela Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS) n. 466, de 12 de dezembro de 2012, manteremos “os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa”.

O critério de inclusão na pesquisa foi ser estudante de 18 anos ou mais, matriculado no IFG-Câmpus Inhumas, em 2022 e egresso da Instituição do ano de 2020 ou 2021. Na PNP, a faixa etária (Figura 1) dos estudantes do Câmpus Inhumas varia de 15 a mais de 60 anos, tendo o público maior idade entre 15 e 19 anos.

FIGURA 1

Faixa etária de estudantes do IFG Câmpus Inhumas



Fonte: PNP (2022).

Foram excluídos da pesquisa estudantes de outros Câmpus do IFG e menores de 18 anos que não estavam inscritos na Instituição no período de 2020 e 2021.

A coleta dos dados é uma etapa fundamental no processo de pesquisa. O pesquisador realiza esta primeira coleta de dados guiados pelas perguntas que marcaram o objeto de sua pesquisa, preferencialmente será uma coleta bastante reduzida. Neste momento começa a análise dos dados. O segundo grupo de dados se colocou logo depois da primeira análise dos dados, guiados pelas direções emergentes na análise (SABARIEGO PUIG; MASSOT LAFON; DORIO ALCARAZ, 2016, p. 312, tradução nossa).

Para identificar as perspectivas dos estudantes do IFG referentes ao acesso à informação científica por meio virtual disponibilizado por bibliotecas no contexto da pandemia, consideramos a amostragem suficiente para uma pesquisa de cunho exploratória.

O questionário aplicado foi semiestruturado com um total de nove perguntas, entre abertas e fechadas. Em síntese, as questões abordaram as seguintes temáticas: curso, local onde reside, faixa etária, acesso ao material para estudo durante o ERE, serviços que utilizou da biblioteca, materiais indicados pelos professores, dificuldades de acesso ao material, materiais e recursos utilizados para estudo.

O período de execução da pesquisa foi de setembro/2021 a agosto/2022. Para efetivação da pesquisa de campo, com a permissão da coordenação-geral do SIB/IFG, foi divulgado no terminal Sophia Web do SIB/IFG o questionário no formato on-line para acesso somente aos estudantes com no mínimo 18 anos. No Sophia havia informações acerca dos requisitos básicos para participar da pesquisa: idade, ter estudado no IFG em 2020 ou 2021, objetivo da pesquisa, link de acesso ao questionário e nome e contato das pesquisadoras para facilitar o acesso a esse questionário. Foi distribuído também questionário impresso.

Os dados da pesquisa ficaram armazenados no computador pessoal das pesquisadoras para estudo e análises. Utilizamos os próprios gráficos gerados pelo Google Forms para tratamento, análise e categorização do conteúdo.

O terceiro momento do método da teoria fundamentada se caracterizou pela análise e pela interpretação das informações (descrições consistentes em percepções e opiniões expressas nas experiências e vivências) proporcionadas pelos participantes. Foi nesse momento que nós, as pesquisadoras, nos distanciamos do cenário para realizar a análise e a apropriação da informação para a construção de uma teoria. No processo de construção da teoria, a validade da pesquisa foi assegurada e demonstrada por meio da correspondência entre as percepções identificadas e as evidências destacadas, com base na objetividade. As técnicas para assegurar a cientificidade foram (BARTOLOMÉ, 1986 *apud* DORIO ALCARAZ; SABARIEGO PUIG; MASSOT LAFON, 2016):

- credibilidade – veracidade dos dados por meio da observação, triangulação, revisão da literatura e verificação com os participantes;

- transferibilidade – aplicabilidade dos dados por meio de amostragem, descrição exaustiva e coleta abundante;
- dependência – fiabilidade do pesquisador, descrições dos participantes, identificação e descrição das técnicas de análise e coleta de dados, definição do contexto;
- confirmabilidade – objetividade na descrição dos fatos, comprovação dos participantes, apresentar posicionamento do pesquisador.

A análise dos dados ocorreu em observância às quatro técnicas que asseguram a cientificidade da pesquisa (credibilidade, transferibilidade, dependência e confirmabilidade) de maneira dialética. No próximo item apresentamos as teorias levantadas mediante os dados analisados e discutidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de coleta de dados e análise foram mensuradas em três etapas até alcançar a saturação teórica. As três etapas da teoria fundamentada que perseguimos foram: (1) encontrar categorias conceituais nos dados; (2) fazer relações entre as categorias; (3) conceitualizar e justificar estas relações em um nível maior da abstração. Nesse tipo de análise há necessidade de codificação do conteúdo, objetivação e categorização dos dados (SABARIEGO PUIG; MASSOT LAFON; DORIO ALCARAZ, 2016).

Aceitaram participar da pesquisa 47 estudantes, sendo 80% dos participantes na faixa etária de 18 a 27 anos; 10,6% com 28 a 37 anos e 2,1% entre 38 a 47 anos. A maioria dos estudantes que responderam à pesquisa estavam matriculados em curso superior (31). Esse público, pela sua faixa etária, é considerado como de nativos digitais. São jovens que estão imersos, de modo, nos recursos tecnológicos digitais. Os nativos digitais apresentam múltiplas competências e habilidades sensório-verbais e visuais (COELHO, 2012). Os sujeitos dessa geração usam as TDIC para se comunicar e interagir. Entretanto, esse público apresentou dificuldades quanto ao uso dos recursos informáticos com fins de estudo, contrariando as características de um nativo digital defendido por Coelho (2012).

Os estudantes do Sistemas de Informação foram os que mais participaram da pesquisa (27,7%), seguidos dos alunos de Bacharelado em Engenharia de Software, Licenciatura em Química e Técnico em Informática para Internet (14,9%). O quantitativo de participação de estudantes da área de Ciência da Computação se destaca devido à habilidade desses com as TDIC, por ser de natureza do curso. Os estudantes da Educação de Jovens e Adultos em Panificação e de Agroindústria estão representados em quantidade menor, em consequência ao número de alunos matriculados no curso e pela faixa etária permitida para participar da pesquisa respectivamente. Não foi registrada a participação de alunos do curso

de Ciência e Tecnologia de Alimentos. As características principais dos participantes é que a maioria (89,4%) dos estudantes que responderam à pesquisa residem na zona urbana (Questão 2).

Se a maioria do público da pesquisa fosse do curso técnico, o impacto das tecnologias no acesso à informação seria tão diferente já que esses não possuem o hábito da pesquisa. Se o estudo fosse realizado em outros câmpus, é provável que os resultados sofressem alterações significativas, já que a realidade socioeconômica e cultural muda consideravelmente de uma cidade para outra.

Ao tratar e analisar as respostas da Questão 3 – “Onde teve acesso a material para estudo durante o ensino remoto?”, as categorias que tiveram representações na nuvem de palavras (Figura 2) foram:

FIGURA 2

Ambientes de pesquisa utilizados pelos estudantes



Fonte: Elaborada pelas autoras.

As categorias que aparecem em maior destaque em resposta à Questão 3 sobre o acesso ao material durante o ensino remoto, foram: Moodle (13), Internet (10) e Biblioteca Virtual assinada pela Instituição (7). O acervo pessoal dos estudantes armazenados no celular, no notebook, na biblioteca pessoal física, nos aplicativos, nas redes sociais foi utilizado em menor escala. Embora o Estudante 14⁴ tenha informado que “Os materiais que usei para estudar durante a pandemia eu já tinha em casa (celular, computador, internet etc.)”.

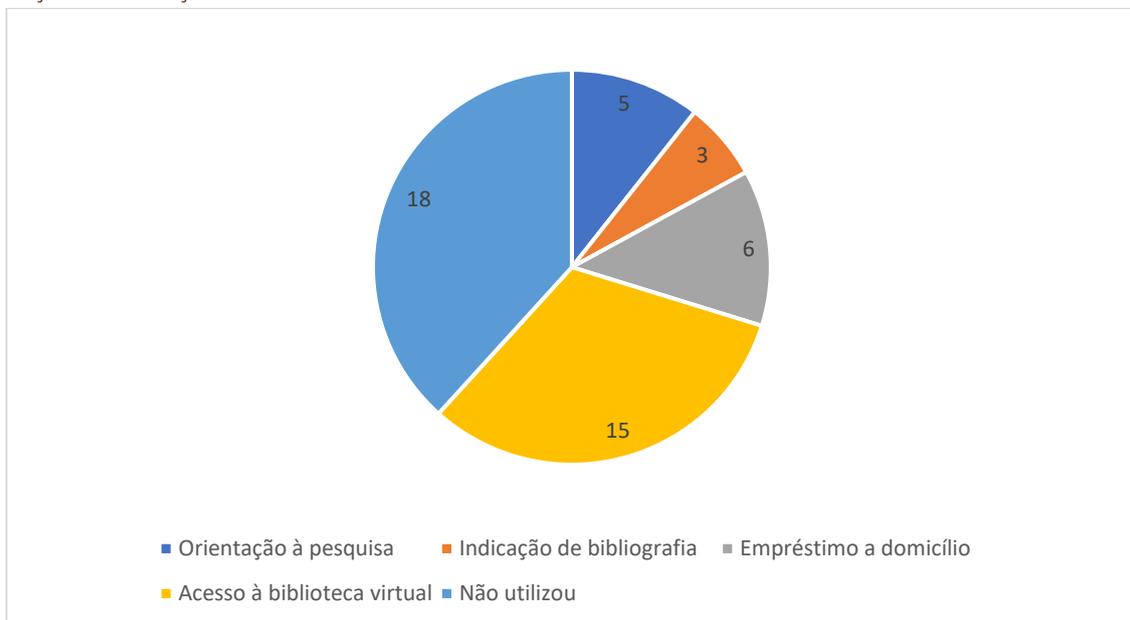
⁴ As respostas do questionário foram tratadas e organizadas em uma planilha eletrônica. Cada participante recebeu um codinome, por exemplo “Estudante 1”, visando preservar sua identidade.

Um dado que nos surpreendeu foi o número mínimo de busca de informação pelo Google, contrariando alguns estudos (EPOCH TIMES, 2014) ser este um oráculo das pesquisas escolares nos tempos atuais. Na percepção dos estudantes, os materiais mais acessados foram aqueles digitalizados e disponibilizado no Moodle pelos professores das disciplinas; materiais informacionais no formato digital e acessados pela internet; bibliotecas digitais e repositórios acadêmicos e acervo virtual assinado pelas bibliotecas do IFG.

O serviço da biblioteca mais utilizado pelos estudantes foi a orientação à pesquisa seguido da Biblioteca Virtual (Gráfico 1) durante a pandemia.

GRÁFICO 1

Utilização dos serviços da biblioteca



Fonte: Elaborado pelas autoras.

A análise dos dados da pesquisa nos revela uma contradição referente ao quantitativo de estudantes: 38,3%, responderam não utilizar nenhum serviço da biblioteca durante o isolamento social. Diante desse tipo de resposta é preciso considerar o contexto em que os estudantes se encontram para compreender o motivo de não acesso e uso dos serviços oferecidos. Os serviços permitidos às bibliotecas do IFG a oferecer durante a pandemia foram os que seriam de forma remota, dependendo de o usuário ter dispositivos como celular, notebook, acesso à Internet. Em alguns casos excepcionais tiveram condições de utilizar o serviço de empréstimo domiciliar.

As respostas à questão aberta, número 5 – “Que materiais os professores indicaram para estudo durante o ensino remoto?” – os suportes informacionais e tecnológicos para realizar pesquisa foram diversificados, distribuídos entre físico (livros, apostilas, mapas) e virtual (videoaula, ebook,

site, PDF, slides, ambientes virtuais de aprendizagem, filmes). Para utilizar os materiais indicados seriam necessários os seguintes equipamentos: caderno, celular, notebook, livro didático.

Na perspectiva do Estudante 24, os professores indicaram: “na maioria, livros e artigos disponíveis no Google Scholar e na biblioteca virtual”. Segundo o Estudante 28, os “livros virtuais e PDF foram colocados no Moodle”. O Estudante 23 afirmou que “normalmente, [os professores] disponibilizaram o PDF”. Já o Estudante 2 diz que são indicados pelos professores “slides e coisas do tipo”. Em síntese, os materiais mais indicados pelos professores para estudo estavam no formato de e-books, vídeo aulas, artigos científicos, apostilas, resumos e documentários.

Do total de Estudantes que participaram da pesquisa, 23,4% do quantitativo, NÃO conseguiram acessar o material indicado. O saldo é bem superior aos que conseguiram o acesso, 4,3%, contra 19,1% que ÀS VEZES tiveram acesso bem-sucedido. Os estudantes que dispunham de material de estudo em casa foram os que responderam ter conseguido o acesso.

A falta de Internet foi um dos fatores que impediu os estudantes de utilizar o material indicado, outro fator seria o dispositivo móvel não ser compatível para fazer o *download*. Mesmo aqueles estudantes que conseguiram o acesso, tiveram dificuldades de uso do material. Muito dos materiais indicados não eram disponibilizados de forma gratuita, além da burocracia para conseguir alguns materiais e falta de Internet.

Na perspectiva dos estudantes, em resposta à *Questão 7 – Durante o ensino remoto quais foram as dificuldades sentidas para ter acesso ao material para estudo?*, a dependência da Internet para acessar o acervo virtual foi o principal complicador devido:

- a) os materiais indicados serem de acesso restrito (pago);
- b) ausência de dispositivos móveis necessários (celular, notebook);
- c) complexidade das plataformas para uso e acesso ao material;
- d) valor alto para manter uma Internet;
- e) instabilidade da Internet;
- f) não ter PDF do conteúdo estudado;
- g) indisponibilidade do material;
- h) o estudante não apresentar competência necessária para buscar e recuperar informação confiável na rede de computadores.

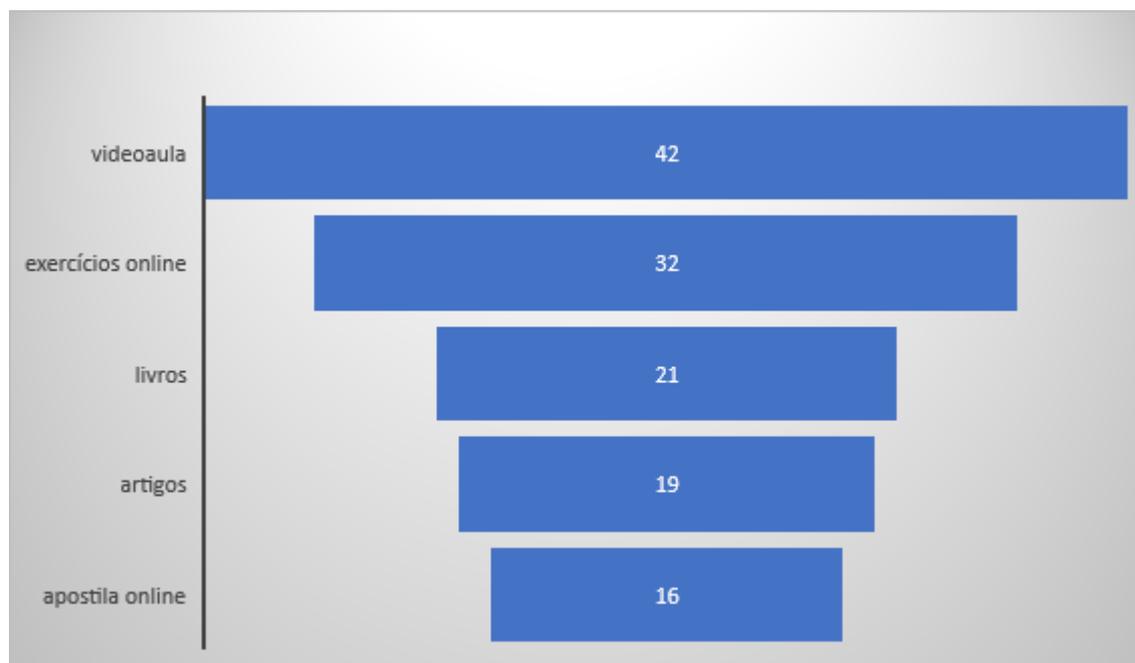
Entre os participantes, onze Estudantes alegaram não ter dificuldade de acesso ao material para estudo e pesquisa durante o ERE por estar “familiarizado a utilizar materiais digitais”. Enquanto outros disseram que “Às vezes para acessar um e-book era muito complicado”, por exemplo. Somando-se a isso a falta de formação em letramento informacional (busca e recuperação da informação): “busca de material devido”, “é difícil achar algo confiável”, “dificuldade de encontrar material específico na internet”.

Os estudantes declararam não ter habilidade com materiais virtuais, daí sua preferência pelo físico, e ainda não ter formação e/ou orientações suficientes para chegar até a fonte desejada. O analfabetismo informacional e digital dos estudantes teve impacto direto no ERE. Os estudantes estudaram por meio de⁵: anotações em aula; videoaula e fóruns; livros para complementar o ensino; artigos, ebook; materiais digitalizados; biblioteca virtual; Google; resumos e mapas mentais; materiais disponibilizados no Moodle, Youtube e outras plataformas de pesquisa; acervo da biblioteca; slides.

Na perspectiva do Estudante 20, para estudar utilizaram “videoaula, exercícios on-line, livros, apostilas e rede social (comunicar com algum colega sobre alguma dúvida sobre as aulas)”. As TDIC estavam presentes ao utilizar qualquer um desses recursos. As três maneiras mais utilizadas para estudar durante o ERE, em resposta à questão 9, foram: videoaula, exercícios on-line e livros (Gráfico 2).

GRÁFICO 2

Ferramentas utilizadas no estudo durante a pandemia



Fonte: De autoria das pesquisadoras.

Com base na resposta à Questão 9, a cultura de consulta ao livro impresso foi mantida durante o ERE.

⁵ Resposta à Questão 8 – Quais materiais você utilizou efetivamente para estudar durante o ensino remoto?

5 CONCLUSÃO

A pandemia, além de ceifar vidas, tirou a possibilidade de os estudantes frequentarem bibliotecas físicas e utilizarem seu acervo. No IFG essa foi uma realidade. Para uso e acesso da informação ao conhecimento nos ambientes das bibliotecas do IFG foi preciso a instituição contratar os serviços de uma biblioteca virtual e os professores disponibilizarem sugestões de materiais (PDFs, site, repositórios) aos estudantes no Moodle.

O uso e acesso ao acervo virtual das bibliotecas pelos estudantes não se pode considerar um sucesso, uma vez que uma parte do universo investigado não conseguiu utilizar devidamente as TDIC, como a Internet, o acervo virtual e tão pouco possuir os equipamentos tecnológicos (celular, notebook...). Nesse contexto, o letramento informacional e digital foram mais que necessários para apropriação da informação ao conhecimento. Na perspectiva dos estudantes participantes, a partir das dificuldades encontradas, o papel das bibliotecas para a população atendida é tanto formar o acervo quanto torná-lo utilizável pela comunidade de estudantes com aporte das tecnologias em atendimento às realidades vividas.

Ao contratar um serviço a ser oferecido na instituição deve-se olhar para as deficiências e contexto socioeconômico da comunidade acadêmica. A disponibilização de uma biblioteca virtual (e-book, artigos, repositórios) puramente não dará conta de todas as necessidades do público. O material impresso e o acesso às ferramentas tecnológicas, bem como a oferta de cursos de formação são essenciais. Os serviços oferecidos pelas bibliotecas devem ser ampliados e sua divulgação intensificada.

Precisamos considerar suas condições concretas para se utilizar TDIC inerentes as plataformas a serem indicadas. A maioria dos estudantes não possui equipamentos e nem plano de Internet que possibilite *downloads*. Por outro lado, reconhecemos que o ensino de TDIC também é fundamental para eles, tanto que seus depoimentos consideram essas aprendizagens relacionadas ao mundo digital como algo importante. Então, é preciso pensar formas de ensiná-los sobre a alfabetização informacional e digital criando condições para isso (COSTA *et al.*, 2018).

Com objetivo de apoiar e proporcionar uma formação integral com a articulação do ensino de sala de aula com o uso e apropriação de informação ao conhecimento, as bibliotecas têm o papel de formar e organizar o acervo bibliográfico para atender as necessidades formativas e de pesquisa da comunidade acadêmica. Esse celeiro de informação (físico e virtual) precisa ser adquirido, tratado e disponibilizado a toda a comunidade interna e externa. A partir do momento que o catálogo da biblioteca se torna público surgem necessidades de formação dos estudantes para o desenvolvimento de competência informacional e digital, incluindo aí a necessidade de adequação de uma linguagem documentária e de reconhecimento de fontes confiáveis.

Embora a maior preocupação de todos no período de pandemia fosse manter-se vivo e saudável, na perspectiva de os estudantes saberem usar e acessar o acervo virtual de uma biblioteca tem total impacto na autonomia para realizar os estudos. Outro limitador de acesso à informação são as condições econômicas do estudante que o impede de investir em tecnologias que o permita acessar as plataformas e materiais de base digital sem muita dificuldade.

AS AUTORAS

Maria Aparecida Rodrigues de Souza

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Inhumas/ Departamento de Áreas Acadêmicas
maria.souza@ifg.edu.br

Júlia Gonçalves Borges

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Inhumas/Técnico Integrado em Agroindústria – PIBIC-EM
borges.j@estudantes.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

ACRL (Association of College & Research Libraries). *Framework for Information Literacy for Higher Education*. 2015. Disponível em: <http://www.ala.org/acrl/standards/ilframework>. Acesso em: 22 jan. 2023.

BRASIL. Lei 11.892, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 dez. 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. *O que é a Covid-19?* 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/o-que-e-o-coronavirus#:~:text=A%20Covid%2D19%20%C3%A9%20uma,transmissibilidade%20e%20de%20distribui%C3%A7%C3%A3o%20global>. Acesso em: 23 jan. 2023.

COELHO, Patrícia M. F. Os nativos digitais e as novas competências tecnológicas. *Texto Livre*, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 88-95, 2012.

COSTA, Renata L. et al. Gestão da informação em salas de aula virtuais: as plataformas Moodle e Edmodo. In: ALMEIDA, Francisco A. S. et al. (org.). *Gestão da informação, segurança social e economia criativa*. Porto (Portugal): Universidade do Porto/FLUP, 2018. p.11-28.

DORIO ALCARAZ, Inma; SABARIEGO PUIG, Marta; MASSOT LAFON, Inês. Características generales de la metodología cualitativa. In: BISQUERRA ALZINA, Rafael (coord.). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: Muralla, 2016. cap. 9, p.275-292.

GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

FRANKLIN, Benjamin L.; DURAN, Maria Renata da C. Bibliotecas emergenciais: por um acervo acessível nos tempos de pandemia. *RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v.19, p. e021026-e021026, 2021.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. *Metodologia de pesquisa*. 5. ed. Porto Alegre: Penso. 2013

IFG (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás). *Portaria Normativa IFG n. 8/2020, de 16 abril de 2020*. Disponível em: <https://cutt.ly/Md8n6wq>. Acesso em: 3 fev. 2023.

IFG. Regulamento Acadêmico para implantação do Sistema de Ensino Emergencial (SEE) do IFG. *Resolução 60/2021 – REI-CONSUP/REITORIA/IFG, de 17 de maio de 2021*. Disponível em: encurtador.com.br/fjuC6. Acesso em: 10 jan. 2023.

IFG. *Relatório anual de gestão IFG 2021. 2022*. Disponível em: <http://www.ifg.edu.br/relatorios-de-gestao>. Acesso em: 23 jan. 2023.

IFG. *Sistema Integrado de Bibliotecas: ensino remoto emergencial. 2021*. Disponível em: <https://www.ifg.edu.br/bibliotecas?showall=&start=11>. Acesso em: 2 fev. 2023.

MEDRADO, Hendrix *et al.* Contribuição das bibliotecas do IFG no desenvolvimento de competência informacional. *In: IFG. Destaques 2017-2018*. Goiânia: Ed. IFG, 2020. p. 54-67.

OLIVEIRA, Andreia S.; SILVA, Carlos R. S. S. Competência em Informação na Educação Profissional: um relato de experiência. *In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFCE, 2019, Cedro. Anais...* Cedro/CE: DEPPI: IFCE, 2019. p.81-84. Disponível em: https://ifce.edu.br/cedro/arquivos/copy_of_AnaisSEMIC2019.pdf. Acesso em: 13 jan. 2023.

PEIXOTO, Leandro A. G. Aprender pela pesquisa na escola. *In: TERRAZA, Cristiane H. (org.). Integrações: diálogos sobre o Ensino Médio*. Brasília: Ed. IFB, 2016. p. 164-177.

PLATAFORMA NILO PEÇANHA. *Indicadores gestão IFG: ano base 2021. Edição 2022*. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDhkNGNiYzgtMjQ0My00OGVILWJjNzYtZWQwYjI2OThhYWYWM1liwidCI6IjllNjgyMzU5LWQxMjgtNGVkbkYi1iYjU4LTgyYjJhMTUzNDBmZiJ9>. Acesso em: 2 fev. 2023.

GOOGLE está construindo um oráculo do conhecimento. *The Epoch Times*, 27 ago. 2014. Disponível em: https://www.epochtimes.com.br/google-oraculo-conhecimento_67592.html. Acesso em: 12 jan. 2023.

SABARIEGO PUIG, Marta; MASSOT LAFON, Inês; DORIO ALCARAZ, Inma. Métodos de investigación cualitativa. *In: BISQUERRA ALZINA, Rafael (coord.). Metodología de la investigación educativa*. Madrid: Muralla, 2016. cap. 10, p.293-328.

SANTOS, Jhonatan G. *et al.* A biblioteca e o ensino a distância: importância da biblioteca virtual nos cursos de EaD do IFG. *In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND COMPUTER EDUCATION, 8., 2013, Luanda, Angola. Anais...* Luanda, 2013. p. 399-400.

SILVA, Carlos R. S.; TEIXEIRA, Thiciane M. C. Competência em Informação na Educação Profissional: avaliação de estudantes de um curso técnico integrado ao Ensino Médio. *Liinc em Revista*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, e5537, maio 2021.

SOUZA, Maria Aparecida R.; OLIVEIRA, Lais P.; SILVA, Oscar J. S. Letramento informacional e sua integração ao tratamento temático da informação: pilares dessa vinculação. *In: FÓRUM DE ESTUDOS EM INFORMAÇÃO, SOCIEDADE E CIÊNCIA*, 2020, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: UFRGS, 2020.

SOUZA, Rita R.; SOUZA, Maria Aparecida R.; SABOIA, Laiz de S. *Revisão de literatura em trabalhos escolares no Ensino Médio*. Inhumas, 2021.

SOUZA, Maria Aparecida R. et al. Formação inicial em pesquisa para jovens do Ensino Médio: análise de curso de extensão a distância para alunos da rede pública. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS ENCONTRO DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA*, 2020, São Carlos. *Anais...* São Carlos, 2020. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/view/1763>. Acesso em: 1º fev. 2023.

WATTERSON, Bill. *Deu tilt no progresso científico: as aventuras de Calvin e Haroldo*. São Paulo: Conrad, 2009.

Literatura afro-brasileira no cerrado: Um estudo sobre a geopoesia na obra *Zumbi dos ipês*

15

Lemuel da Cruz Gandara
Daniele Gonçalves Dias
Ana Clara Moreira Moura
Lucas D'Avila da Silva

Resumo

A Literatura Afro-Brasileira tem como base a relação entre escritores, obras e público mediados pela ancestralidade afrodescendente. Nesse território onde a palavra viva reflete um movimento dialógico, encontramos textos literários que direta ou indiretamente investigam o *hífen* que conecta Brasil e África. Essa relação nos coloca diante da geopoesia, visada teórica que se preocupa com a escrita da terra, com o que está no mundo à espera de ser decifrado e palavrado. Nesse contexto, situamos as representações enunciadas no Cerrado brasileiro tanto no nível do bioma e de suas peculiaridades quanto no nível da produção cultural dos artistas dessa região, que estão fora do eixo

elitista do país (São Paulo e Rio de Janeiro). É justamente nesse lugar que encontramos *Zumbi dos Ipês*, escrito pelo poeta brasileiro Marcos Fabrício Lopes da Silva e publicado pela editora independente Avá em 2018. Os poemas do livro buscam o indivíduo afro-brasileiro que habita no Cerrado; ele se encontra em um *entre-mundo* localizado no meio do caos urbano e da natureza subjugada à agroindústria. Com isso em vista, neste estudo resultado de Iniciação Científica, investigamos a obra em tela a partir da geopoesia no âmbito da representação do Cerrado na Literatura Afro-Brasileira contemporânea.

Palavras-chave: Literatura afro-brasileira contemporânea. Geopoesia. Cerrado. *Zumbi dos Ipês*.

A nossa liberdade
Não veio com a pena da princesa
Regente do tron(c) o imperial

A nossa liberdade
Brotou do quilombo dos palmares
Herança de luta ancestral

("Flash black", em *Zumbi dos Ipês*)

1 INTRODUÇÃO

O poema dá forma gráfica à poesia que já existe no mundo. De acordo com Silva Jr. (2019), essa é uma das bases da geopoesia. Nesse horizonte crítico-teórico erigido no centro-oeste em

diálogo com o Norte do país, entramos no Cerrado, bioma e povo que não chamou muito a atenção de artistas e escritores brasileiros ao longo dos séculos e que nos acolhe nesta investigação de Iniciação Científica.

De forma geral, nosso objetivo é estudar a geopoesia presente em *Zumbi dos Ipês* (2018), obra escrita pelo poeta brasiliense Marcos Fabrício Lopes da Silva no âmbito da Literatura afro-brasileira contemporânea. Por contemporâneo, concordamos com Dalcastagné (2013, p. 14):

a necessidade de se refletir sobre como a literatura brasileira contemporânea, e os estudos literários, se situam dentro desse jogo de forças, observando o modo como se elabora (ou não se elabora, contribuindo para o disfarce) a tensão resultante do embate entre os que não estão dispostos a ficar em seu “devido lugar” e aqueles que querem manter seu espaço descontaminado.

Conforme a citação, a Literatura brasileira contemporânea é um lugar de embates, tensões e marginalizações, sobretudo com autores e obras que não fazem parte das elites financeiras e intelectuais do país, questão que Candido (2000) já nos tinha alertado em seu livro sobre a formação da literatura brasileira. São aspectos que refletem as bases coloniais que ecoam nas representações do brasileiro nas diversas dimensões artísticas, com destaque para a literatura e o cinema que se preocupam em jogar luzes aos matizes da violência entranhada no cotidiano nacional conforme estudado por Gandara (2019).

Nesse contexto, encontramos em *Zumbi dos Ipês* uma reflexão poética sobre o indivíduo negro centro-oestino que está fora dos ciclos de poder e que tem de trabalhar para sobreviver e colocar o país em movimento. Assim, esta pesquisa se afirma pelos seguintes caminhos: a) pelo fato de se dedicar ao estudo de uma obra escrita por um autor negro contemporâneo; b) por ser conduzida por pesquisadores também negros; c) pelo estudo inédito empreendido à obra no contexto teórico da geopoesia. Para tanto, os tópicos que seguem estão organizados em dois blocos; um com viés teórico e crítico e outro de análise de poemas selecionados do livro em tela.

2 PRINCÍPIOS CRÍTICO-TEÓRICOS

O espaço crítico-teórico de nosso trabalho está fundamentado no construto de Eduardo Assis Duarte. Concordamos com o autor e com a sua metodologia sobre a Literatura Afro-brasileira:

Em primeiro lugar, a temática: “o negro é o tema principal da literatura negra”, afirma Octavio Ianni, que vê o sujeito afrodescendente não apenas no plano do indivíduo, mas como “universo humano, social, cultural e artístico de que se nutre essa literatura”. Em segundo lugar, a autoria. Ou seja, uma escrita proveniente de autor afro-brasileiro, e, neste caso, há que se atentar para a abertura implícita ao sentido da expressão, a fim de abarcar as individualidades muitas vezes fraturadas oriundas do processo miscigenador. Complementando esse segundo elemento,

logo se impõe um terceiro, qual seja, o ponto de vista. Com efeito, não basta ser afrodescendente ou simplesmente utilizar-se do tema. É necessária a assunção de uma perspectiva e, mesmo, de uma visão de mundo identificada à história, à cultura, logo a toda problemática inerente à vida desse importante segmento da população. Nas palavras de Zilá Bernd, essa literatura apresenta um sujeito de enunciação que se afirma e se quer negro. Um quarto componente situa-se no âmbito da linguagem, fundado na constituição de uma discursividade específica, marcada pela expressão de ritmos e significados novos e, mesmo, de um vocabulário pertencente às práticas linguísticas oriundas de África e inseridas no processo transculturador em curso no Brasil. E um quinto componente aponta para a formação de um público leitor afrodescendente como fator de intencionalidade próprio a essa literatura e, portanto, ausente do projeto que nortearia a literatura brasileira em geral. Impõe-se destacar, todavia, que nenhum desses elementos isolados propicia o pertencimento à Literatura Afro-brasileira, mas sim a sua interação. Isoladamente, tanto o tema, como a linguagem e, mesmo, a autoria, o ponto de vista, e até o direcionamento recepcional são insuficientes. (DUARTE, 2008, p. 12).

Os cinco pressupostos – temática, autoria, ponto de vista, linguagem e público leitor – definem o perfil da Literatura Afro-brasileira. Autores negros escrevem sobre negros que protagonizam histórias diretamente vinculadas ao seu universo e sua matriz histórica com linguagem própria e público-alvo que conseguirá acessar o texto. *Zumbi dos Ipês* e seu autor contemplam diretamente esses aspectos teóricos. Marcos Fabrício Lopes da Silva é um autor negro que enforma esteticamente o universo povoado por sujeitos poéticos afrodescendentes. Além disso, o livro em análise foi publicado por uma editora independente (a Avá) que tem um diálogo direto com o público leitor do entorno de Brasília através de feiras e oficinas de costura de livros artesanais.

O contexto da obra de Silva nos lembra outra afirmação de Duarte em que este escreve que, desde a década de 1980, a produção realizada por autores “que assumem seu pertencimento enquanto sujeitos vinculados a uma etnicidade afrodescendente cresce em volume e começa a ocupar espaço na cena cultural, ao mesmo tempo em que as demandas do movimento negro se ampliam e adquirem visibilidade institucional” (2011, p. 38). Em 2020, muitas dessas demandas vieram à tona com o movimento *Black lives matter* (“Vidas de pessoas pretas importam” ou “Vidas pretas importam”, em livres traduções aproximativas).

Em nossa proposta, utilizamos o termo “Negro” em razão de sua historicidade na produção artística e científica brasileira encontrada por exemplo, nos Cadernos Negros, publicados desde 1978: “Nos Cadernos alguns temas foram se firmando: a religiosidade, a reflexão sobre a estética do corpo negro, o protesto contra a discriminação e, de uma forma cada vez mais constante, o tom mais intimista, o olhar para dentro de cada um, para as várias faces do sentir e do existir” (REDAÇÃO, 2002, p. 14).

Entre essas várias faces, gostamos de pensar a relação da literatura com o espaço, o que nos permite evocar a força teórica da geopoética, perspectiva criada por Augusto Rodrigues da Silva Jr. em movimento dialógico fundamentado em Bakhtin (2003). Essa abordagem dinamiza a polifonia

entre vozes de pesquisadores centro-oestinos – Universidade de Brasília (UnB), Universidade Estadual de Goiás (UEG) e IFG – e nortista – Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA).

A geopoésia, ou “escrita da terra” (SILVA JR.; MARQUES, 2016, p. 237), tem a ver com o que está no mundo à espera do entendimento, ou mesmo de sua tradução e transformação em capital simbólico, para ficarmos com Bourdieu (2007). Com isso em vista, “a geopoésia é tudo aquilo que não existe e que espera ser palavrado. No cerne da literatura de campo está o gesto *etnoflânerie*: deslocar-se para sentir no corpo, ouvir as pessoas, anotar e voltar para contar, escrever, comunicar” (SILVA JR., 2019, 253). Em síntese, o indivíduo vai a campo (que é o mundo) e é atravessado por ele, que, em determinado momento, se coloca em um papel ativo de manifestação desse contato enquanto material inteligível agregador de leituras e leitores, conforme realizado por Gandara (2020) em uma *etnoflanerie* geopoética na cidade de Belém (Pará) e em seu entorno.

3 ZUMBI DOS IPÊS

A questão da identidade étnica é pulsante na obra de Marcos Fabrício Lopes da Silva como podemos ler no poema “Preto no branco”:

Chicote e cassetete falam a mesma língua,
Seguros pelo cabo dos que estão por cima,
Apagando com a mancha branca que assassina.
A pátria dos Quilombos não se dá por vencida.
Zumbi dos Palmares e Chica da Silva
São lições de corpo e alma da mais linda rebeldia.
(SILVA, 2018).¹

Em *Zumbi dos Ipês*, encontramos uma investigação sobre o ser afro-brasileiro revestida por uma atmosfera de retorno às origens históricas do país “registrado em 1500” (SILVA, 2018). Passado, presente e um vislumbre de futuro possível se entremeiam para questionar como é ser negro e viver no Brasil da *Casa-grande & senzala* (2003), escrito por Gilberto Freire em 1933. Soma-se a isso o fato de boa parte da construção poética do autor apresentar Brasília, a capital federal, a partir das estratificações sociais tão marcadamente resumida no termo “entorno”, que pode ser entendido ora pelas regiões que circundam o Plano Piloto (Planaltina, Sobradinho, Guará, Ceilândia, Taguatinga etc.) ora pelas cidades goianas que ficam à margem entre Goiás e o Distrito Federal (Formosa, Águas Lindas, Valparaíso etc.).

¹ A falta de numeração de página é decorrente de opção estética da primeira edição do livro.

Resistência, espaço e natureza são essenciais no texto, fato observado desde seu título. Nele, encontramos duas referências com aura de geopoesia. A primeira tem a ver com a alusão a Zumbi dos Palmares, sobre o qual “pouco se sabe de concreto a respeito de sua biografia, no entanto, várias foram as versões existentes na historiografia que visavam construir um perfil para o líder negro” (REIS, 2004, p. 13). A segunda diz respeito à árvore ipê, típica (mas não restrita) do Cerrado. A força do líder negro é retomada pela nova geração longe da Serra da Barriga (Alagoas) e em contexto cerradino, ou seja, estamos diante de um livro contemporâneo que assume desde sua capa que a escravização foi adaptada para as necessidades da época do capital – ou para a Era dos extremos definida por Hobsbawm (1995) e faz parte das entranhas do Brasil. O povo negro, no contexto do livro, continua organizado para resistir à sua dizimação e seu apagamento histórico, e é por isso que o poeta escreve e o poema existe.

Na obra, a geopoesia também está marcada pelos “Ipês” com “I” maiúsculo) e pelo povo negro que habita o Cerrado contemporâneo, como lemos a seguir no poema “Afroarquitetado”:

me olho no espelho
cerrado humano
torto dentro do plano
me fiz mais ou menos assim
mais ou menos assado
afroarquitetado
saí do traço de niemayer
nasci no asfalto
quero o barro

(SILVA, 2018).

O sujeito poético se apresenta como “cerrado humano”, o que podemos entender como corpo humano ou alguém fechado em sua humanidade apreendida frente ao espelho; em outra leitura, entendemos o Cerrado, que faz parte da geografia de Brasília (referenciada em “plano” e “traço de niemayer”), e sua dimensão como parte do próprio indivíduo que se apresenta como afrodescendente desde o título, ideias que aparecem nas palavras do próprio autor em entrevista à *Revista Texto Poético*: “Meu amor pela cidade é crítico. Nada, nada ufanista. Sou avesso à procura de uma identidade específica que fundamente o orgulho local de ter nascido na ‘Capital da Esperança’. A cidade é linda em seu tripé nem sempre combinatório: céu, cerrado e arquitetura” (SOUZA, 2017, p. 567).

Ao final do poema, o indivíduo poético demonstra seu conflito (semelhante ao do autor) entre a urbanidade (o asfalto) e o desejo da terra (o barro), o retorno à origem impossível tanto pela construção arquitetural de Brasília quanto pela diáspora que violentou todo o continente africano para povoar violentamente as senzalas coloniais, imperiais e republicanas do que conhecemos como Brasil.

Como parte dos nossos resultados, também trazemos uma análise do poema “Questão de elevadores”:

negro
sobe na vida
pelo elevador de serviço
branco
sobe na vida
pelo elevador social

‘é uma questão apenas
de elevadores’

— diz o branco feliz
porque subiu na vida,
em nome do negro
que foi fazer o serviço.
(SILVA, 2018).

O poema traz em sua primeira estrofe: “negro sobe na vida pelo elevador de serviço”. Partindo dessas palavras podemos elencar diversas ocasiões, situações e ações que sempre colocam a pessoa negra em lugar de subalternidade, ou seja, é uma estrutura que se constrói tornando a pessoa negra em um lugar de inferioridade, porém, negamos essas desigualdades raciais, numa tentativa de impor uma “democracia racial”, como escrito por Djamila Ribeiro (2019). Destarte, não adianta negar para deixar de existir, mas sim, promover um diálogo honesto sobre essas questões tão caras para pessoas negras.

Na segunda estrofe, temos: “branco sobe na vida pelo elevador social”. A partir dela, visualizamos o conceito de meritocracia como algo proporcionaria acabar com as desigualdades raciais existentes. Entretanto, como lemos em Ribeiro (2019), a ascensão das pessoas pretas tem uma estrutura social que as violenta desde o nascimento e, por isso, não estão no centro do poder que legisla sobre elas. Dessa forma, a elite brasileira (branca) detém não apenas o privilégio para acessar bens, recursos e status, mas também os meios para que as consolidam em posições de poder, seja ele político ou institucional.

Na terceira e última estrofe temos: “é uma questão apenas de elevadores” — diz o branco feliz porque subiu na vida, em nome do negro que foi fazer o serviço”. A questão da meritocracia continua como parte essencial do poema. O privilégio que é dado às pessoas brancas pode ser notado nas portas que se abrem para elas, mesmo não tendo um poder financeiro considerável, visto que, afinal, é uma questão de estar no “elevador” correto.

Diante dessa obra, podemos entender que os “elevadores” são diferentes, não por questões de ofício etc., mas sim por seu tom de pele. A estrutura social é racista, pois em todos os espaços tem-se negros em condições subalternas, passando por diversas violências de forma estrutural que

se desdobram como violência cultural (GALTUNG, 1990) e na despersonalização da pessoa negra (ALENCASTRO, 2000). O poema nos apresenta que são inúmeras “as justificativas” para a preservação do componente racial como condição de inferiorização dos negros. Ademais, elas são remodeladas ao longo do tempo e nunca extintas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em nossa pesquisa, encontramos na obra de Silva questões e discussões que acionam afro-brasilidade em pleno Cerrado geopoético. Nossa lupa científica teve a perspectiva de pesquisadores negros que dialogam diretamente com questões íntimas levantadas em *Zumbi dos Ipês*, vivem na pele e na alma os revezes de uma sociedade forjada no trabalho de sujeitos escravizados pelo *status quo*. Assim como nos poemas apresentados, nascemos nas estratificações, mas queremos o direito de produzir e divulgar uma ciência das Letras e da Literatura sem elitismos e plural de representações afro-brasileiras.

As ideias que apresentamos neste artigo fazem parte de um projeto guarda-chuva que já apresentou resultados pretéritos em artigos publicados em periódicos, comunicações e palestras em eventos nacionais e internacionais. Pretendemos continuar nossos estudos acerca da produção literária afro-brasileira e dos aspectos que revelam os embates sociais e culturais dos sujeitos poéticos e de personagens que estão longe dos lugares de poder e que fazem parte da engrenagem maior que movimento o Brasil.

OS AUTORES

Lemuel da Cruz Gandara

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Formosa/Departamento de Áreas Acadêmicas
lemuel.gandara@ifg.edu.br

Daniele Gonçalves Dias

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Formosa/Departamento de Áreas Acadêmicas
daniele.dias@ifg.edu.br

Ana Clara Moreira Moura

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Formosa/ Licenciatura em Ciências Sociais – PIBIC
a.clara@estudantes.ifg.edu.br

Lucas D’Avila da Silva

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Formosa/ Licenciatura em Ciências Sociais – PIBIC
d.avila@estudantes.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

- ALENCASTRO, Luiz Felipe de. *O trato dos viventes: formação do Brasil no Atlântico Sul*. São Paulo: Companhia Das Letras, 2000.
- BAKHTIN, Mikhail. *Estética da criação verbal*. Trad. Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- BOURDIEU, Pierre. *O poder simbólico*. Trad. Fernando Tomaz. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- CANDIDO, Antonio. *Formação da literatura brasileira: momentos decisivos*. Belo Horizonte: Itatiaia, 2000.
- DALCASTAGNÉ, Regina. *Um território contestado: literatura brasileira contemporânea e as novas vozes sociais*. *Iberic@: Revue d'études ibériques et ibéro-américaines*, n. 2, p.13-18, 2012. Disponível em: <https://iberical.sorbonne-universite.fr/wp-content/uploads/2012/03/002-02.pdf>. Acesso em: 29 set. 2022.
- DUARTE, Eduardo de Assis. Por um conceito de literatura afro-brasileira. *Portal Literafro*, 2008. Disponível em: <http://www.letras.ufmg.br/literafro/arquivos/artigos/teoricos-conceituais/Artigoeduardo2conceitodeliteratura.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- DUARTE, Eduardo de Assis. Literatura afro-brasileira: um conceito em construção. *Estudos de Literatura Brasileira Contemporânea*, n. 31, jan.-jun. 2008.
- FREYRE, Gilberto. *Casa-grande & senzala*. São Paulo: Global, 2003.
- GALTUNG, Johan. Cultural Violence. *Journal of Peace Research*, v. 27, n. 3, p. 291-305, 1990.
- GANDARA, Lemuel da C. *Cinema literário brasileiro e violência: intercâmbios estéticos e traduções coletivas no grande tempo*. Tese (Doutorado em Literatura) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019.
- GANDARA, Lemuel da C. Etnoflâneries belenenses: geopoésia e tradução coletiva no tecnobrega. *ContraCorrente: Revista do Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas*, n. 14, p. 143-161, nov. 2020.
- HOBBSAWM, Eric. *Era dos extremos: o breve século XX – 1914-1991*. Trad. Marcos Santana. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.
- LITERAFRO: o portal da literatura afro-brasileira. *Autores*. Marcos Fabrício Lopes da Silva. 2020. Disponível em: <http://www.letras.ufmg.br/literafro/autores/312-marcos-fabricio-lobes-da-silva>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- REDAÇÃO. Texto de apresentação. In: RIBEIRO, Esmerada; BARBOSA, Márcio (org.). *Cadernos Negros 25*. São Paulo: Quilombohoje, 2002.
- REIS, Andressa M. B. dos. *Zumbi: historiografia e imagens*. Dissertação (Mestrado em História) – Faculdade de História, Direito e Serviço Social, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Franca, 2004.
- RIBEIRO, Djamilia. *Lugar de Fala*. São Paulo: Jandaíra, 2019.

SILVA JR., Augusto R.; MARQUES, Geórgia da C. Godoy Garcia e Niemar: um canto geral centroes-tino. *ECOS: Estudos Contemporâneos da Subjetividade*, v. 5, n. 2, p. 232-248, 2015.

SILVA JUNIOR., Augusto R. da. Quando a letra dança: *etnoflânerie* pelos vãos da suça na comuni-dade quilombola Kalunga (GO/TO). In: Encontro do Grupo de Estudos Linguísticos e Literários da Região Norte, 2., 2019, Manaus. *Anais...* Manaus: Ed. UEA, 2019. p. 253-271. Disponível em: https://gellnorte.files.wordpress.com/2019/07/de-trabalho_anais-do-gellnorte-2019-versc3a3o-completa.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

SOUZA, Gustavo T. C. de. O lúdico e a afroidentificação na poesia: entrevista com o poeta afro-bra-sileiro Marcos Fabrício Lopes da Silva. *Texto Poético*, v. 13, n. 23, p. 550-572, 2017.

SILVA, Marcos Fabrício Lopes. *Zumbi dos Ipês*. Brasília: Avá Editora Artesanal, 2018.

REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES

CODEPLAN (Companhia de Planejamento do Distrito Federal). *População Negra e Desemprego no Distrito Federal*. Brasília: Codeplan, 2022. Disponível em: <https://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/Boletim-Populac%CC%A7a%CC%83o-Negra-PED-DF-2021.pdf>. Acesso em: 1º ago. 2022.

CERQUEIRA, Daniel *et al.* *Atlas da Violência 2021*. São Paulo: FBSP, 2021. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/arquivos/artigos/5141-atlasdaviolencia2021completo.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2021.

Educação Especial e o ensino de Química: um estudo sobre práticas educativas

16

Thiffanne Pereira dos Santos
Maria Angelica Peixoto
Pablo Henryque Manhezo Arcebispo

Resumo

Este texto apresenta reflexões sobre a relação entre o ensino de Química e a Educação Especial. Tendo em vista essa temática, a finalidade do estudo consiste em analisar práticas pedagógicas inclusivas desenvolvidas no ensino de Química a fim de compreender como tem ocorrido o trabalho pedagógico e a inclusão escolar nessa área do conhecimento. Para tanto, a pesquisa foi desenvolvida por meio de levantamento bibliográfico sobre a Educação Especial e a proposta de prática pedagógica que advém dessa perspectiva de educação. Ademais, foi realizada a análise de produções científicas sobre a temática da pesquisa – disponíveis na Biblioteca de Teses e Dissertações da Universidade Federal de Goiás – visando identificar práticas inclusivas desenvol-

vidas no ensino de Química e suas repercussões. Assim, a investigação ora proposta aborda a problematização da perspectiva de Educação Especial e sua intersecção com o ensino de Química, refletindo sobre as possibilidades e desafios do desenvolvimento de uma prática inclusiva. Seus resultados evidenciaram a escassez de estudos atinentes à proposição de um ensino de Química inclusivo, em especial no que se refere à inclusão de alunos com deficiência intelectual. Desse modo, trata-se de uma pesquisa de caráter qualitativo, que objetivou estabelecer diálogo entre fontes bibliográficas e pesquisas empíricas desenvolvidas a partir da relação do ensino de Química com a inclusão escolar.

Palavras-chave: Inclusão. ensino de Química. Práticas Inclusivas.

1 INTRODUÇÃO

A inclusão não é mera teoria da moda, mas uma atitude de vida; uma expressão de sociedade e cidadania; uma compreensão de que todos os seres humanos são humanos sem distinção. Deve ficar claro, então, que inclusão é um processo de transformação, contínuo, que deve ser consciente e que deve começar pela transformação em nós, para emanarmos para os outros, através de nossas ações concretas, éticas e conscientes.

Francisco José de Lima

A inclusão escolar é um dever do Estado e um direito dos alunos público-alvo da Educação Especial (educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação), conforme consta na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) – Lei n.

9394/1996. Diante disso, compete às instituições de ensino receber esses alunos e oferecer a eles oportunidades reais de desenvolverem suas habilidades e competências.

A inclusão escolar “traz consigo o desafio de não só acolhermos os alunos com deficiência, mas de garantirmos condições de acesso e de aprendizagem em todos os espaços, programas e atividades do cotidiano escolar” (BERSCH, 2013, p.132). Além disso, o desenvolvimento de uma educação verdadeira inclusiva requer um novo olhar dos envolvidos no processo de inclusão, uma mudança de atitudes, de tal modo que todos sejam respeitados, independentemente de suas especificidades. Assim, a implementação dessa perspectiva de educação demanda a reorganização dos espaços educativos, a adaptação do currículo, a oferta de práticas pedagógicas e metodologias diversificadas e a adequada formação dos professores, os quais precisam romper com os velhos paradigmas de educação que acabam por privilegiar formas de exclusão.

Para alcançar uma educação que atenda a esses princípios inclusivos, é necessário buscar novos mecanismos que possam colaborar com a efetivação da inclusão escolar. E a realização de práticas pedagógicas inclusivas que visam atender as singularidades dos alunos público-alvo da Educação Especial constitui um dos elementos que podem contribuir com esse processo. Desse modo, a iniciativa de instituir esse tipo de prática no processo de ensino-aprendizagem se caracteriza como um subsídio de apoio à inclusão escolar.

Diante da relevância da instituição de práticas inclusivas no aprimoramento do processo de desenvolvimento e aprendizagem dos alunos público-alvo da Educação Especial – especificamente na área da Química –, este estudo apresenta um debate sobre como tais práticas estão sendo realizadas no processo de inclusão desses alunos, uma vez que compreender a importância das práticas pedagógicas inclusivas, bem como as repercussões da efetivação delas no cenário educacional, pode contribuir para evitar a pseudoinclusão. Ademais, analisar esse processo é fundamental para corroborar as reflexões sobre a aprendizagem desses alunos nas diferentes áreas do conhecimento colaborando para a implantação de uma educação que realmente seja inclusiva.

Desse modo, ao abordar essa problemática (inclusão escolar/ensino de Química), o presente estudo incita o debate sobre as possibilidades de contribuição de práticas pedagógicas inclusivas na aquisição de novas aprendizagens por esses alunos. Isso com vistas a ampliar as discussões teóricas sobre a temática de tal modo que ela se torne foco de novos diálogos sobre a implementação de uma educação verdadeiramente inclusiva.

2 EDUCAÇÃO ESPECIAL E INCLUSÃO ESCOLAR: O ENSINAR FRENTE AS DIFERENÇAS

Historicamente, o percurso delineado pela Educação Especial é marcado por três períodos principais: segregação, integração e inclusão. Esses períodos desvelam a trajetória percorrida pela Educação Especial desde a fase em que os alunos com deficiência eram impedidos de frequentar as escolas regulares até o contexto atual em que lhes é garantido o direito de acesso e permanência no sistema educativo.

Se retomarmos a historiografia da Educação Especial, podemos identificar que, até a segunda metade do século XX, os alunos com deficiência eram recebidos em instituições especiais, ficando segregados em ambientes específicos. Havia, paralelamente, duas formas de ensino: as escolas comuns que recebiam os sujeitos ditos “normais” e as escolas especiais que atendiam aqueles com algum tipo de deficiência e que, por isso, eram considerados inaptos para conviver em ambientes sociais, entre elas as escolas.

Assim, os alunos com deficiência não tinham assegurado o direito de frequentar as escolas comuns. O acesso deles era limitado às escolas especiais, pois havia o estigma de que eles não tinham “capacidade” para acompanhar o ensino oferecido pelas escolas comuns. Estabelecia-se, desse modo, um período de segregação dos alunos com deficiência, o que acabava tornando-os marginalizados perante a sociedade.

Nas escolas especiais, o tempo voltado para o processo de ensino-aprendizagem era irrelevante. Não havia preocupação efetiva com o campo educativo, ou seja, não se destinava a devida atenção ao aprimoramento do aspecto cognitivo. Nesses espaços, o foco era o atendimento às deficiências, sendo preferencial o trabalho por meio das terapias individuais (psicologia, fonoaudiologia, fisioterapia) realizado por profissionais da área da saúde. Acreditava-se que essa era a maneira ideal de atender e auxiliar os alunos com deficiência, prevalecendo a tese de que eles estariam bem cuidados e protegidos em locais separados. Dessa forma, a Educação Especial acontecia de forma paralela ao denominado ensino comum. De um lado, estavam às escolas normais atendendo às pessoas que se enquadravam nos “padrões de normalidade” e, de outro, as escolas especiais que visavam ao atendimento dos alunos com deficiência.

A partir da década de 1960, o modelo de Educação Especial paralelo passou a ser questionado, sendo alvo de inúmeras críticas. Entre os fatores responsáveis pelos questionamentos dessa forma de ensino estavam as demandas levantadas pelos movimentos sociais que almejavam a inclusão e o fim da segregação, a descoberta dos benefícios encontrados pela convivência mútua entre pessoas com e sem deficiência, a exposição das possibilidades de aprendizagem dos alunos com deficiência na área educacional e o alto custo da educação paralela (MENDES, 2006).

Diante dos questionamentos da sociedade civil, a Educação Especial paralela perdeu força e começou a abrir espaço para o período de integração, que se apoiava nos princípios da normalização. O conceito principal de normalização defendia a ideia de que todos os alunos com deficiência tinham o direito de participar do mesmo sistema de ensino e de ter acesso às mesmas oportunidades de aprendizagem que as pessoas ditas normais, ou seja, definia o acesso às escolas comuns como um direito de todas as pessoas.

Então, a normalização tinha como princípio básico a perspectiva de que toda pessoa com deficiência teria o direito inquestionável de experienciar um estilo de vida que seria comum ou normal em sua cultura e de que, independentemente das especificidades de cada sujeito, todos deveriam ter oportunidades iguais de participação em todos os espaços sociais, entre eles a escola. (MENDES, 2006). Nesse contexto,

normalizar uma pessoa não significa torná-la normal. Significa dar a ela o direito de ser diferente e ter suas necessidades reconhecidas e atendidas pela sociedade. Na área da educação, normalizar é oferecer ao aluno com necessidades especiais recursos profissionais e institucionais adequados para que ele desenvolva seu potencial como estudante, pessoa e cidadão. (WERNEC, 2000 *apud* SILVA; FACION, 2008, p.193).

No entanto, o conceito de normalização durante o processo de instauração da integração escolar acabou sendo mal interpretado e instituído sob uma visão minimizada da filosofia de normalização. A perspectiva distorcida desse conceito difundiu a ideia de que os alunos com deficiência deveriam tentar “se tornar o mais normal possível”, para, dessa forma, serem inseridos nos ambientes sociais.

De acordo com Mendes (2006, p. 390), “desde o início do movimento pela integração escolar houve restrição ao uso de uma concepção mais ampliada do conceito de normalização, no sentido de evitar-se a colocação de todo e qualquer aluno na classe comum da escola regular”. Fica evidente, então, que o conceito de normalização foi utilizado como um novo meio de exclusão, contrariando o verdadeiro significado desse princípio, que defendia que todos precisavam ser tratados de maneira igual apesar de suas particularidades.

Devido a essa visão distorcida de normalização, o acesso dos alunos com deficiência aos ambientes educacionais acabou ficando condicionado à adaptação deles aos padrões comportamentais dos espaços sociais, entre eles as escolas. Atribuiu-se, por isso, grande responsabilidade, se não exclusiva, aos indivíduos sobre sua inserção nos ambientes e sobre o sucesso ou fracasso associado ao seu desenvolvimento.

Porém, mesmo com as dificuldades estabelecidas pelas distorções conceituais envolvendo a normalização, a partir de 1970, os alunos com deficiência passaram a ser aceitos nas escolas comuns, mas, em alguns casos, ainda em classes especiais devido à visão minimizada de normalização. Essa situação desencadeou um período de integração parcial no qual ainda havia espaço para a exclusão

de alguns alunos com deficiência, já que se exigia uma adequação por parte deles para que fossem inseridos nas escolas comuns.

Vale ressaltar que a integração escolar, na maioria dos casos, ficava reduzida à presença física dos alunos com deficiência nas escolas comuns, excluindo possibilidades de participação efetiva. Com essa situação estabelecida no Brasil surgiram reivindicações para a reestruturação da educação. Conforme Mendes (2010 p. 13), “diante dos problemas de desempenho da educação nacional o país vai sendo cada vez mais pressionado por agências multilaterais a adotar políticas de educação para todos e de educação inclusiva”.

A partir disso, a integração escolar ficou sujeita a críticas e surgiu um novo movimento no campo educacional propondo a educação para todos. Esse movimento defendia que os ambientes educativos deveriam se transformar e se adaptar para auxiliar no processo de inclusão e desenvolvimento dos alunos com deficiência possibilitando a educação para todos por meio de reais oportunidades de aprendizagem. Isso porque

a política de integração havia resultado em uma estrutura educacional fragmentada, nem sempre acessível a todos. Em contrapartida, iniciava-se movimentos no mundo com ênfase na consciência e o respeito à diversidade, produzindo mudanças no papel da escola que passou a responder melhor às necessidades dos estudantes. Começava a surgir o conceito de inclusão. (CUNHA, 2013, p. 35).

Diante dessa realidade, emergiu, na década de 1980, o conceito de inclusão, que nortearia a Educação Inclusiva na perspectiva da Educação Especial. Tal conceito privilegia a ideia de que, além do direito ao acesso, os alunos com deficiência também possuíam direito à participação efetiva no ambiente escolar, tendo acesso aos mesmos conhecimentos e oportunidades de aprendizagem que os demais. Para tanto, os ambientes educacionais precisariam se adequar para atender às necessidades de cada indivíduo respeitando suas especificidades e a diversidade que permeia qualquer espaço educativo.

A partir dessa nova perspectiva, surgiram vários movimentos com o objetivo de garantir o acesso dos alunos com deficiência às escolas comuns e aos demais espaços sociais. A Conferência Mundial de Educação para Todos (1990 – Jomtien) e a Conferência Mundial sobre Educação Especial (1994 – Salamanca) foram movimentos importantes nesse processo de implementação da inclusão escolar no contexto mundial. A Declaração Mundial sobre Educação para Todos, aprovada pela Conferência realizada em Jomtien, no ano de 1990, apesar de ter como foco a satisfação das necessidades básicas de aprendizagem, também abordou a questão da inclusão ao ressaltar a importância de promover uma educação equitativa e de proporcionar a todos as mesmas oportunidades de aprendizagem. Em relação à educação dos alunos com deficiência, a declaração expôs que

as necessidades básicas de aprendizagem das pessoas portadoras de deficiências requerem atenção especial. É preciso tomar medidas que garantam a igualdade de

acesso à educação aos portadores de todo e qualquer tipo de deficiência, como parte integrante do sistema educativo. (UNESCO,1990).

Ao defender uma educação equitativa, a Declaração Mundial sobre Educação para Todos reforçou a necessidade de os sistemas de ensino desenvolverem uma educação inclusiva em que prevalecesse o respeito às diferenças. Nesse sentido, toda e qualquer forma de discriminação deveria ser banida da educação. O documento pontou que todas as pessoas possuem direito de ter as mesmas oportunidades no que se refere ao acesso e à permanência nas instituições de ensino e ao processo de ensino-aprendizagem.

A Declaração de Salamanca, resultado da Conferência Mundial sobre Educação Especial, também foi um documento de grande importância na área da inclusão. Esse documento conclamou os Estados a assegurar a inclusão escolar, dando a todos o direito de frequentar as instituições da rede regular de ensino. A Declaração estabeleceu normas para a criação de políticas e para a adequação dos sistemas educacionais com a finalidade de promover a inclusão dos alunos com deficiência. Ressaltou ainda a importância de as instituições de ensino trabalharem na perspectiva da educação inclusiva para diminuir a exclusão e assegurar o direito de todos. Segundo o documento,

escolas regulares que possuem tal orientação inclusiva constituem os meios mais eficazes de combater atitudes discriminatórias, criando-se comunidades acolhedoras, construindo uma sociedade inclusiva e alcançando educação para todos; além disso, tais escolas proveem uma educação efetiva à maioria das crianças e aprimoram a eficiência e, em última instância, o custo da eficácia de todo o sistema educacional. (UNESCO, 1998).

As diretrizes especificadas na Declaração de Salamanca foram essenciais para a valorização da inclusão escolar e para reforçar o direito de todos à educação, independentemente de suas particularidades. Desse modo, a Declaração ratificou a necessidade de estabelecer políticas para auxiliar no desenvolvimento de uma educação inclusiva que atendesse às peculiaridades dos alunos com deficiência.

No Brasil, também foram desenvolvidas políticas e estabelecidas leis com o objetivo de garantir a inclusão escolar. Inicialmente, a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 representou um grande avanço na temática da inclusão ao definir a educação como direito de todos e dever do poder público.

Por preceito constitucional, desde 1988 é assegurado a todos os alunos o direito ao acesso, à permanência e à participação nos níveis básicos e superior de ensino. Esse direito traz em si a semente da mudança de que a nossa educação necessita para conquistar patamares cada vez mais elevados de qualidade. (MANTOAN, 2014, p. 7).

Outro fator essencial, estabelecido na Constituição, se refere ao dever do Estado em assegurar apoio especializado nas instituições de ensino regular para os alunos com NEE. Segundo Menezes (2012, p. 22, grifos do autor), o artigo 208, inciso III, da Constituição Federal de 1988, “estabelece que

o atendimento educacional especializado ‘aos portadores de deficiências’ deve se dar ‘preferencialmente na rede regular de ensino’”. É possível perceber, pelo exposto na Constituição de 1988, que os alunos com deficiência passaram a ter assegurado o direito de ingressar nas instituições de ensino regular, bem como de receber o suporte necessário para atender suas especificidades.

Além disso, sob a influência dos movimentos em favor da inclusão, foi criada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) – Lei n. 9394/96. Essa lei estabeleceu, em seu capítulo V, os critérios para nortear a educação inclusiva no âmbito da Educação Especial. Nessa lei ficou garantido o direito à inclusão dos alunos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação na rede regular de ensino

Com isso, a Educação Especial, de acordo com Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – Lei n. 9394/96, passou a ser definida como a modalidade de educação oferecida aos educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação, preferencialmente, na rede regular de ensino. Desse modo, a Educação Especial passou a ter como finalidade promover o acesso desses educandos às escolas do ensino regular, bem como propiciar a eles novas possibilidades de desenvolver suas habilidades e competências (BRASIL, 2008), competindo aos sistemas de ensino a oferta dessa modalidade de educação a fim de assegurar aos alunos público-alvo apoio especializado, organização escolar específica e professores capacitados para atender suas peculiaridades nas escolas da rede regular. Atualmente, a relevância da Educação Especial no processo de inclusão escolar centra-se na garantia do acesso dos alunos público-alvo da Educação Especial às instituições de ensino regular, assim como no estabelecimento de práticas e estratégias pedagógicas visando à real aprendizagem desses alunos.

Percebemos que historicamente a Educação Especial abandonou a visão segregacionista e adotou o conceito de inclusão passando a ser vista com outro “olhar”, um olhar de respeito às diferenças e à diversidade, em que o estímulo às habilidades de todos se faz fundamental. Nessa nova perspectiva, o foco é o desenvolvimento de uma educação de cunho humanista baseada na igualdade de oportunidades e na promoção de saberes que incitam atitudes de valorização do ser humano e de respeito à diversidade (REIS, 2006).

A Educação Especial, então, se voltou para um conceito de inclusão que defende – além da promoção do convívio social – o estímulo ao desenvolvimento dos alunos público-alvo para que conquistem novas aprendizagens. A inclusão, nesse sentido, é vista como uma política que busca compreender e atender às necessidades educativas especiais de todos os alunos, em salas de aulas comuns, em um sistema regular de ensino, de forma a promover a aprendizagem e o desenvolvimento pessoal de todos (SILVA; GAIATO; REVELES, 2012).

A inclusão escolar também tem o objetivo de promover aos alunos público-alvo da Educação Especial o contato com seus pares, facilitando seu desenvolvimento e ensinando a todo o grupo que é possível conviver com a diversidade, na construção de um mundo melhor. Assim, é, sobretudo, na educação dos alunos que manifestam as suas diferenças pessoais físicas, psíquicas, físico-motoras, daqueles a quem a escola costuma afirmar terem necessidades educativas especiais que a questão das relações entre a educação e a diversidade se coloca de forma mais evidente e mais intensa. É com eles que a escola se vê confrontada com o maior desafio ético-profissional: deixar de ser uma escola de alguns e para alguns, e passar a ser uma escola de todos e para todos (PIRES, 2006, p. 84).

E, com o advento dessa nova perspectiva de educação – inclusiva –, surgiu a demanda por uma educação que realmente atenda às particularidades dos alunos público-alvo da Educação Especial. Com isso, surgiu também a necessidade do desenvolvimento de práticas pedagógicas inclusivas para trabalhar os saberes das diferentes áreas do conhecimento de modo a facilitar a compreensão e a aprendizagem desses alunos. A implementação dessas práticas é desafiadora para todas as áreas do conhecimento e não seria diferente para o campo da Química, que é o foco deste estudo.

Desse modo, para que tais práticas se tornem possíveis, é essencial que todos os implicados na experiência educativa contribuam para reduzir e/ou eliminar as barreiras físicas, comportamentais e pedagógicas que dificultam o processo de inclusão dos alunos público-alvo da Educação Especial. Uma Educação Especial na perspectiva inclusiva não encontra nas deficiências um empecilho para a realização de uma prática pedagógica que possibilite aos alunos ultrapassar as suas dificuldades, e assim construir conhecimentos e participar ativamente do cotidiano escolar.

Assim, adotar os preceitos inclusivos é acreditar no potencial de aprendizagem de todos os alunos, sem encontrar nos estigmas razões para justificar um pressuposto fracasso escolar ou para se eximir da oferta de oportunidades de aprendizagem a todos. Nesse sentido, a perspectiva inclusiva parte do princípio de que as diferenças engrandecem o processo educativo, já que o sujeito aprende no contato com o outro, com o novo, com o que o desafia. Nessa proposta, as necessidades originárias das diferenças serão sanadas por meio de práticas que busquem oportunizar a aprendizagem de todos sem distinção.

Destarte, disponibilizar oportunidades de aprendizagem a todos não significa estabelecer padrões de atividades e recursos, fundindo as diferenças em uma identidade. Ao contrário, consiste em propiciar aos alunos os meios necessários para que sejam capazes de superar suas dificuldades e ultrapassar expectativas de aprendizagem na construção do conhecimento e na participação do ambiente escolar. Colocar isso em prática requer, como já mencionado, o desenvolvimento de práticas pedagógicas que consigam dar a resposta adequada às necessidades de cada aluno. Para tanto,

surge uma mudança no sistema de valores e crenças existentes, na organização dos serviços, nas formas de perceber os alunos de maneira geral – sejam eles considerados dentro dos padrões de normalidade ou apresentem algum tipo de necessidade especial – como também na forma de ensiná-los, de apoiá-los, de avaliá-los, com suas necessidades individuais. (MARTINS, 2006, p. 24).

Diante disso, é possível aferir que não existe inclusão se não houver mudança e não há inclusão plena se a mudança não for constante, consciente e efetiva (LIMA, 2006). Um processo educativo de cooperação, respeito, superação de barreiras e desafios exige uma transformação contínua de atitudes e práticas por parte dos indivíduos. Tudo isso é crucial para o êxito das práticas pedagógicas inclusiva em todas as áreas do conhecimento, entre elas a do ensino de Química.

3 EDUCAÇÃO ESPECIAL E ENSINO DE QUÍMICA: APONTAMENTOS SOBRE ESTUDOS CIENTÍFICOS

Esse estudo visa promover a reflexão teórica e crítica da temática trabalhada. Para tanto, desenvolveu-se pautado pelos pressupostos metodológicos da pesquisa qualitativa. A abordagem de caráter qualitativo implica o envolvimento de problemáticas particulares preocupando-se “com um nível de realidade que não pode ser quantificado” (MINAYO, 2004, p. 21). Assim, partindo dos princípios qualitativos, essa pesquisa se desenvolveu por meio de abordagem bibliográfica subsidiada pelo levantamento de estudos relacionados a Educação Especial e o ensino de Química.

Desse modo, o estudo foi realizado em duas etapas: revisão bibliográfica e levantamento de trabalhos relacionados a temática do projeto. A revisão da bibliográfica constituiu um elemento primordial para o desenvolvimento de toda a pesquisa, contribuindo para refletir, questionar e elucidar a problemática do objeto de estudo. A abordagem de material teórico teve como objetivo fundamentar a pesquisa, resgatando conceitos e concepções relativas à Educação Inclusão e também sobre sua relação com as práticas pedagógicas inclusivas no ensino de Química.

A segunda etapa consistiu no levantamento de estudos que abordaram como tem acontecido (e/ou proposições para a implementação) do ensino de Química em uma perspectiva inclusiva a fim de evidenciar práticas que estão sendo desenvolvidas nesse campo, o que almejava colaborar para a disseminação de experiências inclusivas exitosas no ensino de Química. Esse levantamento de estudos foi realizado seguindo os seguintes passos: i) pesquisa na Biblioteca de Teses e Dissertações da Universidade Federal de Goiás de estudos que versavam sobre a temática Educação Inclusiva e ensino de Química, com recorte dos últimos 5 anos; ii) seleção, entre os estudos obtidos no levantamento inicial, daqueles que se adequavam a proposta da pesquisa; iii) análise dos estudos selecionados visando destacar as práticas inclusivas.

Para orientar a análise dos estudos relacionados, foram elaboradas fichas de leitura (contendo bibliografia do trabalho, resumo geral, prática/proposta inclusiva evidenciada e trechos transcritos), que contribuíram para a descrição dos resultados obtidos. A partir dessas fichas foi possível fazer uma análise mais apurada e sistematizada das evidências contidas nos estudos sobre a temática dessa pesquisa.

A busca por estudos envolvendo a temática inclusão escolar/ensino de Química, na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade Federal de Goiás, foi realizado a partir dos seguintes descritores: inclusão, ensino de Química e Educação Especial. Além dos descritores, também foi utilizado o filtro “Data de Defesa” em ordem descendente a fim de agrupar os trabalhos dos últimos 5 anos (2017-2021). Desse modo, ao pesquisar os descritores Inclusão and ensino de Química and Educação Especial, com filtro para os últimos 5 anos, a busca resultou em apenas quatro trabalhos, conforme apresentado no Quadro 1.

QUADRO 1

Estudos obtidos após pesquisa na BDTD da UFG

Título	Palavras-Chave	Categoria	Programa	Ano
A formação docente em Química para a inclusão escolar: a experimentação com alunos com deficiência visual.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formação de professores ▪ Parceria-colaborativa ▪ Inclusão escolar 	Dissertação	Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (PRPG)	2018
Cosméticos: uma proposta de experimentação contextualizada por meio do enfoque CTS para alunos com deficiência visual no ensino de funções orgânicas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ensino de Química ▪ Contextualização ▪ CTS ▪ Deficiência visual 	Dissertação	Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (PRPG)	2020
Estudos sobre a configuração da sala de aula no ensino de ciências para surdos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ensino de ciências ▪ Educação de surdos ▪ Conceitos químicos 	Tese	Programa de Pós-graduação em Química (IQ)	2018
A língua(gem) como constitutiva da (re)elaboração conceitual: um estudo a partir da educação Química de surdos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Surdos / Língua(gem) ▪ Educação Química ▪ Teoria Sociocultural ▪ Círculo de Bakhtin 	Tese	Programa de Pós-graduação em Química (IQ)	2020

Fonte: BDTD/UFG (2022).

Com os trabalhos já selecionados, foi realizada a análise deles para identificar as ações/práticas inclusivas desenvolvidas a fim de evidenciar metodologias que foram e/ou podem ser desenvolvidas no ensino de Química de forma exitosa colaborando para a real aprendizagem dos alunos público-

alvo da Educação Especial. Desse modo, segue-se a descrição das pesquisas considerando a temática investigada, o aporte teórico e as implicações apresentadas.

O primeiro trabalho, uma dissertação defendida em 2018 com o título “A formação docente em Química para a inclusão escolar: a experimentação com alunos com deficiência visual”, abordou a questão da formação e atuação de professores em relação a Educação Especial em parceria com entidades especializadas no trabalho com pessoas com deficiência visual. Desse modo, objetivava-se contextualizar e preparar professores em formação para desenvolver um trabalho adaptado às necessidades de alunos com deficiência visual.

A ênfase do trabalho na necessidade de aprimoramento da formação docente se justifica pela necessidade de realização de adequações dos recursos utilizados nas aulas de Química para atender às necessidades de todos os estudantes, de tal modo que se utilizem metodologias apropriadas para responder à diversidade de discentes das salas de aula, inclusive dos alunos com cegueira ou baixa visão que não utilizam os mesmos sentidos para se comunicar (FRANÇA, 2020).

Para discutir tais questões, o trabalho faz apontamentos sobre o contexto legal da inclusão no Brasil, as definições gerais de inclusão escolar e a proposição da formação docente pautada nesses princípios ocorrendo como trabalho colaborativo entre instituições educacionais de ensino superior e instituições especializadas no trabalho com pessoas com deficiência. Desse modo, a proposta de ação inclusiva demonstrada no trabalho consiste na proposta de estabelecimento de parceria colaborativa entre essas instituições a fim de colaborar com o processo formativo dos docentes da área de Química, visando garantir a compreensão da temática da inclusão com ênfase na deficiência visual.

Desse modo, por meio da parceria proposta, o trabalho apresenta a relevância de buscar formas de aprimoramento da formação docente com vistas a contemplar a temática da inclusão de alunos com deficiência. Isso porque, de acordo com a concepção defendida no trabalho, o docente assume um papel fundamental “para atingir os objetivos do processo de ensino aprendizagem, já que ele também é um mediador do conhecimento científico, ou seja, tem grande responsabilidade na adaptação metodológica para atender às necessidades dos alunos” (FRANÇA, 2020, pág.102).

Logo, a defesa da ação inclusiva descrita nessa dissertação parte do princípio que é necessário compreender o “universo” dos alunos com deficiência visual para, assim, conseguir assumir uma postura de prática da alteridade na qual a busca por adaptações pedagógicas e curriculares se torne uma realidade. É esse movimento de reflexão e formação que torna possível o “pensar inclusivo” e que possibilita a implementação de uma prática pedagógica que considera as singularidades de cada sujeito.

Nesse trabalho, ainda se destaca que, caso não haja esse processo formativo, a possibilidade de haver práticas pedagógicas desprovidas das adaptações necessárias para a inclusão escolar é latente, uma vez que os docentes de Química, por não serem pessoas com deficiência visual, podem se pautar em recursos visuais para mediar o conhecimento científico e atingir o processo de conceitualização. Isso pode fazer com que os alunos com deficiência visual acabem “excluídos” de alguns momentos do processo educativo (FRANÇA, 2020).

Por fim, diante das investigações realizadas o trabalho traz como consideração a defesa de que “a relação entre a formação docente e a inclusão de alunos com deficiência no contexto educacional perpassa ainda pelo domínio e conhecimento acerca das ferramentas culturais características da Química que devem ser repensadas para a inclusão” (FRANÇA, 2020, p. 102).

O segundo trabalho é uma dissertação, do ano de 2020, com o título “Cosméticos: uma proposta de experimentação contextualizada por meio do enfoque CTS1 para alunos com deficiência visual (DV) no ensino de funções orgânicas”. O referido estudo traz a abordagem de uma perspectiva de educação na qual haja a descentralização do sentido da visão no processo ensino-aprendizagem. Isso porque

considerando a natureza da ciência Química, reconhece-se que a sua linguagem específica, construída ao longo da história, contém em sua maioria representações simbólicas, ferramentas culturais e diversas situações do processo educacional que priorizam o sentido da visão, como, por exemplo, as equações químicas, a tabela periódica e os modelos atômicos e moleculares. (OLIVEIRA, 2020, p.9).

Frente a isso, a proposta apresentada no trabalho consiste em pensar o ensino de Química a partir de práticas educativas que consigam atender a todos os alunos – entre eles os com deficiência visual – retirando do centro pedagógico “a visão”, de tal modo que se amplie o espaço de aprendizagem para os outros sentidos (tato, paladar, olfato e audição). Para realizar a discussão de tal temática, o trabalho apresenta o conceito de deficiência visual, o contexto histórico da “cegueira”, e demonstra o histórico das políticas públicas da Educação Especial.

Além disso, traz uma abordagem teórica sobre os princípios da teoria histórico-cultural fazendo relação desta com a pesquisa empírica proposta na investigação. Com isso, demonstra discussões sobre as possibilidades – dentro do ensino de Química – do foco em uma educação multisensorial contextualizada com os movimentos da CTS de democratização da educação em sala de aula, com vistas à inclusão e à aprendizagem dos alunos com deficiência visual.

Com base nessas perspectivas, então, a seleção da temática dos cosméticos para o ensino das funções orgânicas foi realizada visando estabelecer questões próximas à vida do estudante e problematizá-las. Assim, o trabalho apresentou uma pesquisa desenvolvida com base em uma proposta

¹ Ciência, Tecnologia e Sociedade.

de ensino contextualizada com uma relação CTS, buscando novas possibilidades nas intervenções pedagógicas, de tal modo que, no ensino de Química, se explicita uma “postura menos visuocêntrica na experimentação”, possibilitando a inclusão dos alunos com deficiência visual “em participações mais autônomas para a familiarização com ferramentas e técnicas específicas dessa cultura contribuindo com o processo de ensino-aprendizagem” (OLIVEIRA, 2020, p.9).

O terceiro trabalho é uma tese de doutorado, do ano de 2018, intitulada “Estudos sobre a configuração da sala de aula no ensino de ciências para surdos”. Esse estudo investigou configurações específicas para a sala de aula no contexto do ensino de Ciências para alunos surdos por meio do trabalho em conjunto de um professor de Química e um intérprete. Para embasar a pesquisa, no trabalho são apresentados aspectos teóricos sobre as características da docência e a inclusão escolar, bem como os conceitos de surdez e os princípios da comunidade surda. Além disso, discute sobre a Educação Especial para surdos e a construção do pensamento científico desenvolvido para esses alunos, haja vista que

pensar no processo ensino aprendizagem do aluno surdo, demanda, do professor e da comunidade escolar, conhecer as especificidades e respeitar as diferenças desse aluno. Conhecer toda a sua cultura e formação do sujeito, respeitando suas individualidades. (MENDONÇA, 2018, p. 129).

O estudo também apresenta a proposta de desenvolvimento de intervenções pedagógicas com vistas a suprir as necessidades de alunos surdos adaptando o referencial teórico de Química para uma perspectiva mais visual. Para assim, estimular por meio da visão o trabalho de alguns conceitos químicos facilitando a aprendizagem desses alunos. Logo, o trabalho buscou desenvolver uma pesquisa focada em “planejar e desenvolver intervenções pedagógicas com materiais instrucionais adaptados, privilegiando o referencial funcional da visão com o objetivo de ensinar alguns conceitos químicos” (MENDONÇA, 2018, p. 9).

A partir das intervenções adaptadas o estudo concluiu que a apresentação dos conceitos, de forma visual, através da experimentação realizada pelos próprios alunos no espaço educativo, ampliou a autonomia deles na busca pelos saberes e também o interesse de cada aluno por construir sua própria trajetória. Assim, a pesquisa evidenciou que é plenamente possível ensinar conceitos químicos por meio de apresentação visual a alunos surdos, desde que haja “um planejamento diferenciado, com a elaboração de atividades específicas feitas privilegiando o acesso visual e também representando a Libras em seus enunciados” (MENDONÇA, 2018, p. 129).

Por fim, o quarto trabalho, uma tese do ano de 2020, intitulada “A língua(gem) como constitutiva da (re)elaboração conceitual: um estudo a partir da educação Química de surdos”, teve suas proposições pautadas na perspectiva de que

os significados e sentidos elaborados por alunos surdos nas aulas de química, em ambiente bilíngue, estão em relação direta com a intermediação do conhecimento proporcionado pelos tradutores e intérpretes de Libras/Português, tentando elucidar essa relação a partir da abordagem do conceito de Transformação Química. (PEREIRA, 2020, p. 30).

A fim de desvelar os meandros que envolvem essa proposição, o estudo apresentou diversas teorias e concepções sobre o sujeito surdo. Assim, elucidou questões sobre: a constituição da linguagem no surdo; a mediação e o processo de interação social a partir da Teoria Sociocultural de Vigotski; e a definição de língua(gem) a partir da perspectiva do Círculo de Bakhtin, enfatizando o processo de mediação que envolve a educação dos surdos com a presença do Tradutor/Interprete de Língua de Sinais.

Para além dos apontamentos teóricos, a pesquisa descreveu intervenções pedagógicas realizadas com alunos surdos no intuito de aprimorar o processo de ensino-aprendizagem no âmbito do ensino de Química. Essas intervenções apontaram que a utilização conjunta dos três níveis do conhecimento químico (macroscópico/fenomenológico; simbólico/representacional; submicroscópico/teórico) em situações de ensino possibilitam ao aluno surdo o acesso ao pensamento químico. Ademais, o trabalho apontou que

o professor de química precisa compreender que o seu papel, como representante legítimo da ciência escolar, se constitui em permitir que o aluno acesse e desenvolva um pensamento químico, possibilitado a partir do alcance dos três níveis do conhecimento químico, pois a partir do pensamento químico, o aluno surdo pode exercer sua cidadania e ampliar sua leitura do mundo. (PEREIRA, 2020, p. 197).

Desse modo, com base no exposto, a pesquisa evidenciou que é preciso reelaborar conceitos pedagógicos e químicos de forma a suprir as necessidades dos alunos surdos. Além disso, apontou que é fundamental repensar o currículo – que muitas vezes não contempla a comunidade surda em suas especificidades – e buscar a implementação de um ensino de Ciências/Química que dê subsídios aos alunos surdos aprenderem de forma efetiva.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função do exposto nesse trabalho, fica notório que é possível estabelecer no ensino de Química ações educativas que possibilitem a aprendizagem dos alunos com deficiência e, consequentemente, contribuam para a real inclusão escolar deles. Vale destacar que, para que esse contexto se torne possível, é fundamental a implementação de intervenções pedagógicas voltadas para atender às especificidades dos alunos com deficiência no contexto educacional, como ficou evidente nos estudos mencionados anteriormente.

Outro aspecto evidenciado com o levantamento de trabalhos acadêmicos realizado neste estudo consiste na escassez de pesquisas que promovam a intersecção entre o ensino de Química e a inclusão escolar, haja vista que, no período delimitado para recorte de busca dessa investigação (2017-2021), foram encontrados apenas quatro trabalhos acadêmicos. Além do pequeno número de estudos encontradas, também ficou manifesto que o foco dessas pesquisas se centrou em desenvolver práticas inclusivas voltadas para alunos que apresentavam alguma deficiência física, mais especificamente visual e auditiva.

Esse resultado denota que, para além do reduzido número de pesquisas envolvendo a temática em questão, há também a ausência de estudos voltados para aprimorar o processo de inclusão (aprendizagem e desenvolvimento) de alunos que possuem alguma deficiência no campo cognitivo. Logo, diante das evidências obtidas, fica nítida a necessidade de ampliar as pesquisas com foco no desenvolvimento de intervenções pedagógicas capazes de aumentar as possibilidades de aprendizagem e desenvolvimento dos alunos público-alvo da Educação Especial na área de Química.

OS AUTORES

Thiffanne Pereira dos Santos

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Inhumas/Departamento de Áreas Acadêmicas
thiffanne.santos@ifg.edu.br

Maria Angelica Peixoto

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Inhumas/Departamento de Áreas Acadêmicas
maria.angelica@ifg.edu.br

Pablo Henrique Manhezo Arcebispo

Instituto Federal de Goiás/Câmpus Inhumas/ Licenciatura em Química – PIBIC
pablo.manhezo@academico.ifg.edu.br

REFERÊNCIAS

BERSCH, Rita. Tecnologia assistiva e atendimento educacional especializado: conceitos que apoiam a inclusão escolar de alunos com deficiência. In: MANTOAN, Maria Teresa E. (org.). *O desafio das diferenças nas escolas*. Petrópolis: Vozes, 2013.

BRASIL. MEC/SECADI. *Política Nacional de Educação Especial na perspectiva da Educação Inclusiva*. Brasília, 2008. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/politicaeducspecial.pdf>. Acesso em: 1º ago. 2022.

CUNHA, Eugênio. Marcos históricos da educação inclusiva. In: CUNHA, Eugênio. *Autismo na escola: um jeito diferente de aprender, um jeito diferente de ensinar – ideias e práticas pedagógicas*. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2013.

FRANÇA, Fernanda A. *A formação docente em química para a inclusão escolar: a experimentação com alunos com deficiência visual*. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

LIMA, Francisco J. de. Ética e inclusão o status da diferença. In: MARTINS, Lúcia de A. R. et al. (org.). *Inclusão: compartilhando saberes*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2006.

MANTOAN, Maria Teresa E. Qualidade e inclusão no Ensino Médio. *Pátio*, Porto Alegre, ano VI, n. 22, p. 6-9, set./nov. 2014.

MARTINS, Lúcia de A. R. Inclusão escolar: algumas notas introdutórias. In: MARTINS, Lúcia de A. R., et al. (org.). *Inclusão: compartilhando saberes*. Petrópolis: Vozes, 2006.

MENDES, Enicéia G. A radicalização do debate sobre inclusão escolar no Brasil. *Revista Brasileira de Educação*, v.11, n. 3, p.387-405, 2006.

MENDES, Enicéia G. Breve histórico da Educação Especial no Brasil. *Revista Educación y Pedagogía*, v.22, n. 57, p.93-109, 2010.

MENDONÇA, Nislaine C. S. *Estudos sobre a configuração da sala de aula no ensino de ciências para surdos*. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

MENEZES, Adriana R. S. *Inclusão escolar de alunos com autismo: quem ensina e quem aprende?* Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

MINAYO, Maria Cecília de S. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. In: MINAYO, Maria Cecília de S. (org.) *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Petrópolis: Vozes, 2004.

OLIVEIRA, Mislene da S. G. *Cosméticos: uma proposta de experimentação contextualizada por meio do enfoque CTS para alunos com deficiência visual no ensino de funções orgânicas*. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

PEREIRA, Lidiane de L. S. A Língua(gem) como constitutiva da (re)elaboração conceitual: um estudo a partir da educação química de surdos. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

PIRES, José. Por uma ética da inclusão. In: MARTINS, Lúcia de A. R. et al. (org.). *Inclusão: compartilhando saberes*. Petrópolis: Vozes, 2006.

REIS, Marlene B. de F. *Educação inclusiva: limites e perspectivas*. Goiânia: Deescubra, 2006.

SILVA, Ana Beatriz B.; GAIATO, Mayra B.; REVELES, Leandro T. *Mundo singular*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.

SILVA, Maria de Fatima M. Caldeira; FACION, José Raimundo. Perspectivas da inclusão escolar e sua efetivação. In: FACION, José Raimundo (org.). *Inclusão escolar e suas implicações*. Curitiba: Ibpe, 2008.

UNESCO. *Declaração Mundial sobre Educação para Todos: satisfação das necessidades básicas de aprendizagem*. Jomtien, 1990. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000086291_por. Acesso em: 5 jan. 2016.

UNESCO. *Declaração de Salamanca: sobre princípios, políticas e práticas na área das necessidades educativas especiais*. 1998. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/salamanca.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2015.

Créditos

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

Conselho Editorial

Vanderleida Rosa de Freitas e Queiroz

Lidiane Maria dos Santos

Darlene Ana de Paula Vieira

Adriano de Carvalho Paranaíba

Cristina Gomes de Oliveira Teixeira

Alessandro Silva de Oliveira

Kalinka Martins da Silva

Cláudia Helena dos Santos Araújo

Bruno Pilastre de Souza Silva Dias

Organização do volume

Débora Jerônima Arantes

Heloisa Gabriel Falcao

Hugo Leonardo da Silva Belisario

Lorena Silva Oliveira Costa

Editoração

Olliver Robson Mariano Rosa

Comitê Interno do Pibicti 2021/2022

Alessandro Silva de Oliveira

Antônio Francisco Jacaúna Neto

Carlos de Melo e Silva Neto

Dalmi Alves Alcantara

Danielle Pereira da Costa

Guenther Carlos Feitosa de Almeida

Gustavo de Assis Costa

Heloisa Gabriel Falcão

Hugo Leonardo da Silva Belisário

Leonardo Ramos da Silveira

Lourival de Almeida Silva

Maria de Jesus Gomides

Regina de Carvalho Oliveira Machado

Conselho Científico

Adelino Cândido Pimenta (IFG)

Albertina Vicentini Assumpção (PUC/GO)

Alice Maria de Araújo Ferreira (UNB)

André Luiz Silva Pereira (IFG)

Angel José Vieira Blanco (IFG)

Antônio Borges Júnior (IFG)

Camila Silveira de Melo (IFG)

Cândido Vieira Borges Júnior (UFG)

Carlos Leão (PUC/GO)

Celso José de Moura (UFG)

Clarinda Aparecida da Silva (IFG)

Cláudia Azevedo Pereira (IFG)

Dilamar Candida Martins (UFG)

Douglas Queiroz Santos (UFU)

Gláucia Maria Cavasin (UFG)

Jullyana Borges de Freitas (IFG)

Jussanã Milograna (IFG)

Kellen Christina Malheiros Borges (IFG)

Kenia Alves Pereira Lacerda (IFG)

Liana de Lucca Jardim Borges (IFG)

Lídia Lobato Leal (IFG)

Lillian Pascoa Alves (IFG)

Manoel Napoleão Alves de Oliveira (IFG)

Marcelo Costa de Paula (IFG)

Marcelo Firmino de Oliveira (USP)

Maria Sebastiana Silva (UFG)

Marshal Gaioso Pinto (IFG)

Marta Rovey de Souza (UFG)

Mathias Roberto Loch (UEL)

Maurício José Nardini (MP/GO)

Pabline Rafaella Mello Bueno (IFG)

Paulo César da Silva Júnior (IFG)

Paulo Henrique do Espírito Santo Nestor (IFG)

Paulo Rosa da Mota (IFG)

Rachel Benta Messias Bastos (IFG)

Ronney Fernandes Chagas (IFG)

Rosana Gonçalves Barros (IFG)

Simone Souza Ramalho (IFG)

Waldir Pereira Modotti (UNESP)

Walmir Barbosa (IFG)



Os cadernos *Em.formação* apresentam aos leitores uma amostra do que os novos pesquisadores do IFG têm desenvolvido por meio da Iniciação Científica e Tecnológica.

Esta publicação cria um espaço dinâmico de divulgação das pesquisas e de contato entre as diferentes áreas do conhecimento, como um convite à proposição de novos projetos e, assim, ao avanço em direção a novas descobertas.

Nas páginas deste volume, a reflexão acadêmica e científica ganha corpo nas vozes de alunos, docentes e servidores da Instituição, investidos em um mesmo papel, o de pesquisadores.

O Programa de Iniciação Científica e Tecnológica do IFG salienta, com esta publicação, a relevância do diálogo para a construção do conhecimento, que está sempre em formação.