

-tecnia

revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

v. 9 n. 1
jan./jun. | 2024
ISSN: 2526-2130

-tecnia

revista de educação, ciência e tecnologia do IFG

v. 9 n. 1
jan./jun. | 2024
ISSN: 2526-2130

Expediente

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS

Reitora

Oneida Cristina Gomes Barcelos Irigon

Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação

Lorena Pereira de Souza Rosa

Coordenadora da Editora

Vanderleida Rosa de Freitas e Queiroz

Editora-Chefe da Tecnia

Vanderleida Rosa de Freitas e Queiroz

Editores de Seção

Alessandro S. de Oliveira
Danielly Bandeira Lopes
Darlene Ana de Paula Vieira
Gustavo Louis Henrique Pinto
Lidiaine Maria dos Santos
Meire Lisboa Santos Gonçalves
Maria Aparecida Rodrigues de Souza
Maria de Jesus Gomides
Rita Rodrigues de Souza

Editor-Adjunto

Marcos Vinícius da Costa Meireles

Editor-Assistente

Kepler Benchimol Ferreira

Projeto Gráfico e Capa

Pedro Henrique Pereira de Carvalho

Diagramação, Revisão e Normalização

Coelum Editorial

Revisão de Língua Estrangeira

Coelum Editorial (inglês)
Rita Rodrigues de Souza (espanhol)

Apoio

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

Imagens da Capa

Obra: Pela janela do ônibus
Autora: Acsa da Silva Carvalho
Técnica: Giz Pastel sobre papel
Dimensões originais: 29x42cm

Conselho Científico

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

ÂNGELO MÁRCIO LEITE DENADAI
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

ANNA MARIA CANAVARRO BENITE
Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil

CARLOS FERNANDO DA SILVA RAMOS
Instituto Politécnico do Porto (IPP), Portugal

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

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

DIÓGENES BUENOS AIRES DE CARVALHO
Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Brasil

EDÉSIO FIALHO DOS REIS
Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil

EDUARDO MARTINS GUERRA
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brasil

ENOQUE FEITOSA SOBREIRA FILHO
Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Brasil

EVA TEIXEIRA DOS SANTOS
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Brasil

FERNANDO ANTONIO BATAGHIN
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil

FERNANDO FÁBIO FIORESE FURTADO
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Brasil

INALDO CAPISTRANO COSTA
Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil

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

JEANE SILVA FERREIRA
Instituto Federal do Maranhão (IFMA), Brasil

Pareceristas

ADELICIO MACHADO DOS SANTOS (Uniarp)

BRUNO ELIAS DOS SANTOS COSTA (UFU)

CHELRY FERNANDA ALVES DE JESUS (IFG)

CLEBER LINDINO (Unioeste)

DANIEL ORDINE VIEIRA LOPES (IFG)

DANIELA MELO E SILVA (UFG)

DANILO DA SILVA LIMA (IFG)

GESIEL GOMES SILVA (IFG)

HIURI FELLIPE SANTOS DOS REIS (UFG)

KARLA MARIA SILVA DE FARIA (UFG)

LUCAS JOSÉ OLIVEIRA GOMES DOS SANTOS (IFG)

MAIKON ALEXANDRE KREMER (IFSC)

MARCELA FERREIRA MATOS (IFG)

MÁRCIA DO SOCORRO BORGES DE ARAÚJO CARDOSO (IFG)

MÔNICA MARIA EMERENCIANO BUENO (IFG)

NISMÁRIA ALVES DAVID (UEG)

PAMMILA RODRIGUES JAPIASSU CORREA (IFG)

PAULO CESAR CORREIA GOMES (UFAL)

THIAGO AUGUSTO MENDES (IFG)

WOLNEY HELENO DE MATOS (IFG)

Sumário

Editorial	6
MARCOS VINÍCIUS DA COSTA MEIRELES KEPLER BENCHIMOL FERREIRA VANDERLEIDA ROSA DE FREITAS E QUEIROZ	
Das percepções do ambiente e o uso da água entre estudantes do IFG ao prelúdio da educação ambiental crítica	8
LEONARDO RAMOS DA SILVEIRA ALESSANDRO SILVA DE OLIVEIRA	
The relativistic velocity of an electron submitted to an electric field	28
PÂMELLA R. A. M. P. RODRIGUES MELO CLÓVES GONÇALVES RODRIGUES	
On Approximations of Functions Preserving Symplectic Forms	37
THIAGO SANTOS	
Application of sugarcane bagasse ash in mortars: systematic literature review	49
RAYSA MONIZA SILVA AMÉRICO FRANCIELLE COELHO DOS SANTOS	
Determinação dos limites de detecção para conservadores químicos com base nos métodos qualitativos oficiais de análise em leite	68
THAINÁ SOUZA SANTOS HENRIQUE FARIA PAULA SIMONE MACHADO GOULART LEONARDO MAGALHÃES DE CASTRO JOÃO PAULO VICTORINO SANTOS	
O ensino de energia na disciplina de Ciências utilizando exemplos práticos e referências do convívio doméstico do aluno	83
PEDRO HENRIQUE SILVA SANTOS NATÁLIA DE OLIVEIRA MELO	
Ensino de solos nos cursos de graduação em ciências ambientais do Brasil	100
LUIZ HUMBERTO DE OLIVEIRA LEITE RHERISON TYRONE SILVA ALMEIDA ANDRELISA SANTOS DE JESUS	



**Os clássicos e a pedagogia histórico-crítica:
considerações a partir de contos de Caio Fernando Abreu** **115**

CLEIDSON FRISSO BRAZ
NELSON MARTINELLI FILHO

**A relevância dos sistemas Enterprise Resource
Planning (ERP) para a análise de negócios em uma
empresa ou organização** **131**

ELISANDRA REGINA SANTOS

Sobre a prática musical nas escolas **143**

ESTÉRCIO MARQUEZ CUNHA

Editorial

Em 23 de setembro deste ano, a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica celebrou seus 115 anos de história, reafirmando seu compromisso com a democratização do ensino e a formação integral de cidadãos. As escolas de aprendizes e artífices, criadas em 1909 pelo então presidente, Nilo Peçanha, evoluíram para um modelo inovador e inclusivo, que hoje abrange 38 institutos federais, dois centros federais de educação tecnológica (cefets), 22 escolas técnicas vinculadas às universidades federais e o Colégio Pedro II. Presente em todos os estados do Brasil, essa Rede impacta diretamente o desenvolvimento local, oferecendo educação pública, gratuita e de qualidade para mais de 1,6 milhão de estudantes, do ensino infantil ao doutorado. Ao longo desse percurso, ela se consolidou como um pilar para o avanço da ciência, da tecnologia e da inovação no país, promovendo oportunidades de formação profissional aliadas às demandas sociais e econômicas.

A comemoração de mais de um século de existência dessa Rede reflete o legado de transformação e esperança construído por gerações de estudantes, educadores, pesquisadores e gestores comprometidos com o futuro do Brasil. Entre os legados da Rede está a *Tecnia* (Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG), cuja existência evidencia e testemunha o papel da Instituição na disseminação gratuita do conhecimento produzido no âmbito da ciência, tecnologia, arte e cultura, por autores nacionais e internacionais. Criada para ser um espaço de diálogo científico, tecnológico, artístico e cultural, suas publicações refletem a essência da Rede Federal: articular ensino, pesquisa e extensão para promover avanços que impactam positivamente a sociedade.

Com o propósito de ser uma ponte entre a sociedade e o conhecimento das diversas áreas, a *Tecnia* desempenha sua função buscando aliar o conhecimento socialmente relevante a uma qualidade editorial elevada. Neste nono volume, apresentamos dez trabalhos elaborados por pesquisadores de oito instituições de ensino: do estado goiano, Instituto Federal de Goiás (IFG), Universidade Federal de Goiás (UFG), Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO), Universidade Estadual de Goiás (UEG); de outras regiões do Brasil: Universidade Federal de Ouro Preto (Ufop), Universidade Federal do Piauí (UFPI), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) e Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes).

Na seção de Ciências Exatas e da Terra, Leonardo Ramos da Silveira e Alessandro Silva de Oliveira apresentam uma pesquisa desenvolvida com estudantes do ensino médio integrado, abordando a percepção do ambiente e o uso da água como prelúdio para um processo formativo pela educação ambiental crítica – o estudo é descrito no artigo intitulado *Das percepções do ambiente e o uso da água entre estudantes do IFG ao prelúdio da educação ambiental crítica*. Já no artigo *The relativistic velocity of an electron submitted to an electric field*, Pâmella R. A. M. P. Rodrigues Melo e Clóves Gonçalves Rodrigues apresentam o resultado de uma pesquisa em que buscaram determinar a velocidade de um elétron submetido a um campo elétrico uniforme e constante, considerando uma força de resistência ao movimento proporcional à velocidade. E, por fim, no artigo intitulado *On Approximations of Functions Preserving Symplectic Forms*, Thiago Santos faz uma revisão dos resultados clássicos sobre aproximação simplética, seguindo as ideias de Zehnder.

Integrando a seção de Ciências Agrárias, Biológicas e da Saúde, no artigo *Determinação dos limites de detecção para conservadores químicos com base nos métodos qualitativos oficiais de análise em leite*, Thainá Souza Santos, Henrique Faria Paula, Simone Machado Goulart, Leonardo Magalhães de Castro e João Paulo Victorino Santos avaliam os limites de detecção das provas oficiais de análise qualitativas de conservantes químicos.

Na seção de Engenharias, Raysa Moniza Silva Américo e Francielle Coelho dos Santos apresentam uma revisão sistemática da literatura sobre a utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBCA) em argamassas, materiais amplamente utilizados em diversas etapas de uma edificação, no artigo intitulado *Application of sugarcane bagasse ash in mortars: systematic literature review*.

Na seção de Educação e Ensino, no artigo *O ensino de energia na disciplina de Ciências utilizando exemplos práticos e referências do convívio doméstico do aluno*, Pedro Henrique Silva Santos e Natália de Oliveira Melo apresentam ferramentas e instrumentos inovadores relacionados ao tema da energia, para que possam ser usados pelos professores de Ciências ou de Física em sala de aula. E no artigo *Ensino de solos nos cursos de graduação em ciências ambientais do Brasil*, os autores Luiz Humberto de Oliveira Leite, Rherison Tyrone Silva Almeida e Andrelisa Santos de Jesus analisam o ensino de solos nos cursos de graduação em Ciências Ambientais no Brasil, contemplando o detalhamento das disciplinas obrigatórias e optativas/eletivas dentro das matrizes curriculares.

Na última seção desta edição, Ciências Humanas e Sociais, Letras e Artes, são disponibilizados dois artigos: no artigo intitulado *Os clássicos e a pedagogia histórico-crítica: considerações a partir de contos de Caio Fernando Abreu*, Cleidson Frisso Braz e Nelson Martinelli Filho discutem a proposta da pedagogia histórico-crítica, cunhada por Demerval Saviani (2008), que privilegia a leitura dos clássicos como um método de ensino que possibilita a superação da realidade imediata e a elevação das classes oprimidas em sua condição de subalternidade. Já no artigo *A relevância dos sistemas Enterprise Resource Planning (ERP) para a análise de negócios em uma empresa ou organização*, a autora Elisandra Regina Santos refletiu sobre como os sistemas ERP contribuem para a geração de informações estratégicas, a tomada de decisões e o aprimoramento da eficiência operacional.

Esta edição finaliza com o artigo do professor Estércio Marquez Cunha, renomado compositor goiano, no qual tece uma reflexão sobre as Oficinas de Música dos anos 1980, destacando a importância das práticas de música/arte nas escolas de ensino regular nos dias atuais e a influência negativa da indústria cultural no processo educacional.

Com estes artigos, apresentamos mais uma edição da revista *Tecnia*, externando nossa gratidão aos autores por confiarem a nós a tarefa de socializar seus textos. Agradecemos também aos editores de seção, que despenderam tempo e esforço para que os artigos pudessem ser avaliados dentro dos critérios estabelecidos, e, em especial, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (Fapeg), por prover recursos para os serviços de revisão e editoração deste número por meio de política de fomento.

Convidamos todos os leitores e leitoras a realizarem uma leitura crítica dos textos e compartilharem esta publicação com todos aqueles que julguem ter interesse em alguma temática.

Equipe Editorial

Marcos Vinícius da Costa Meireles
Kepler Benchimol Ferreira
Vanderleida Rosa de Freitas e Queiroz

Das percepções do ambiente e o uso da água entre estudantes do IFG ao prelúdio da educação ambiental crítica

PERCEPTIONS OF THE ENVIRONMENT AND WATER USE BY STUDENTS AT THE IFG TO THE PRELUDE TO CRITICAL ENVIRONMENTAL EDUCATION

DE LAS PERCEPCIONES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y EL USO DEL AGUA DE LOS ESTUDIANTES DEL IFG A LA ANTESALA DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL CRÍTICA

Leonardo Ramos da Silveira
Instituto Federal de Goiás (IFG)
leonardo.silveira@ifg.edu.br

Alessandro Silva de Oliveira
Instituto Federal de Goiás (IFG)
alessandro.oliveira@ifg.edu.br

Resumo

O artigo apresenta uma pesquisa desenvolvida com estudantes do ensino médio integrado sobre a percepção do ambiente e o uso da água como prelúdio para um processo formativo pela educação ambiental crítica. Nas interações com os estudantes, destacamos que o uso crescente dos recursos naturais sem planejamento adequado causa impactos no meio natural e na qualidade de vida da sociedade. Além disso, ressaltamos a necessidade de ações socioambientais que promovam posturas comprometidas com uma sociedade mais sustentável. Nesse processo, partimos da percepção ambiental como o primeiro passo na pesquisa-ação para a problematização das relações instituídas por uma sociedade neoliberal no ambiente e destacamos a educação ambiental crítica como um processo formativo possível diante dos fatores, mecanismos e processos que intensificam a degradação da vida. Com essa pesquisa, acreditamos ser possível fomentar posturas, opiniões e atitudes entre as pessoas em relação aos dilemas socioambientais. É nesse contexto que o presente estudo foi desenvolvido, com o objetivo de avaliar a percepção ambiental dos discentes do Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio em Meio Ambiente do IFG. O levantamento das percepções foi obtido pela aplicação de questionários e analisados segundo critérios quali-quantitativos. A análise das percepções permitiu inferir que existem nelas elementos importantes para o desenvolvimento de perspectivas críticas. Nesse sentido, evidenciamos que a Educação Ambiental Crítica pode ser um oportuno caminho formativo para a identificação, discussão, análise e ação das questões ambientais em suas complexidades.

Palavras-chave: percepção ambiental; ensino médio integrado; educação ambiental crítica.

Abstract

The article reports research carried out with students in Integrated High School about the perception of the environment and the use of water as a prelude to a training process through Critical Environmental Education. In interactions with students, we emphasize that the increasing use of natural resources, without proper planning, impacts the natural environment and society's quality of life. Furthermore, we point out the need for socio-environmental actions in establishing attitudes committed to a more sustainable society. In this process, we start from environmental perception as the first step in action research to problematize the relationships established by a neoliberal society in the environment and highlight Critical Environmental Education as a possible formative process in the

face of the factors, mechanisms, and processes that intensify the degradation of life. Through this research, we believe it is possible to form people's stances, opinions, and attitudes when faced with socio-environmental dilemmas. It is in this context that the present study was developed to evaluate the environmental perception of students on the Technical Course Integrated to Secondary Education in the Environment at IFG. The survey of perceptions was obtained by applying questionnaires which were analyzed according to qualitative/quantitative criteria. The analysis of perceptions allowed us to infer that there are important elements in them for the development of critical perspectives. In this sense, we demonstrate that Critical Environmental Education can be an opportune training path for the identification, discussion, analysis, and action of environmental issues in their complexities.

Keywords: environmental perception; integrated high school; critical environmental education.

Resumen

El artículo da cuenta de una investigación realizada con estudiantes de la Escuela Secundaria Integrada sobre la percepción del medio ambiente y el uso del agua como antesala de un proceso de formación a través de la Educación Ambiental Crítica. En las interacciones con los estudiantes, destacamos que el uso creciente de los recursos naturales, sin una planificación adecuada, impacta el entorno natural y la calidad de vida de la sociedad. Y, señalamos la necesidad de acciones socioambientales que establezcan actitudes comprometidas con una sociedad más sostenible. En este proceso, partimos de la percepción ambiental como primer paso de la investigación-acción para problematizar las relaciones que establecen una sociedad neoliberal en el medio ambiente. Destacamos la Educación Ambiental Crítica como posible proceso formativo frente a los factores, mecanismos y procesos que intensifican la degradación de la vida. Con esa educación creemos que es posible formar posturas, opiniones y actitudes de las personas ante dilemas socioambientales. Es en este contexto que se desarrolló el presente estudio con el objetivo de evaluar la percepción ambiental de los estudiantes del Curso Técnico Integrado a la Educación Secundaria en Medio Ambiente del IFG. La encuesta de percepciones se obtuvo mediante la aplicación de cuestionarios cuyos datos fueron analizados según criterios cualitativos/cuantitativos. El análisis de las percepciones permitió inferir que en ellas existen elementos importantes para el desarrollo de perspectivas críticas. En este sentido, demostramos que la Educación Ambiental Crítica puede ser un camino formativo oportuno para la identificación, discusión, análisis y acción de las cuestiones ambientales en sus complejidades.

Palabras clave: percepción ambiental; escuela secundaria integrada; educación ambiental crítica.

Introdução

Nos últimos anos, a questão ecológica tem se apresentado de forma mais cotidiana na vida da sociedade em geral, seja por meio da divulgação pela mídia, seja em razão das nítidas alterações na paisagem e nas condições climáticas em diversos ambientes. Nesse contexto, a educação ambiental pode ser inserida como um importante processo formativo para subsidiar o debate ecológico e envolver o maior número de pessoas na prática da conservação e da conscientização ambiental, o que é fundamental para a formação de cidadãos críticos e comprometidos. O risco ecológico questiona o conhecimento do mundo. Por isso, essa crise se apresenta a nós como um limite no real que ressignifica e reorienta o curso da história: limite do crescimento econômico e populacional, limite dos desequilíbrios ecológicos e das capacidades de sustentação da vida, limite da pobreza e da desigualdade social (Jacobi; Fleury; Rocha, 2004).

Após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Rio-92), a discussão sobre a temática ambiental no Brasil foi significativamente ampliada, no entanto ainda não existe uma visão clara acerca da percepção dos indivíduos sobre os assuntos socioambientais, principalmente com a dimensão das variáveis ambientais e seus efeitos no ambiente como um todo (Pelissare; Fernandes; Souza, 2005).

Como determina a Agenda 21 Global, os países signatários desse documento, dentre eles o Brasil, deveriam incorporar os princípios nela contidos em suas políticas públicas, envolvendo a participação da sociedade civil. Em 1997, o governo brasileiro, por meio do Ministério do Meio Ambiente (MMA), designou uma Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional (CPDS) para elaborar e implementar a *Agenda 21 Brasileira*. Para tanto, seminários e oficinas foram organizados com representantes de diferentes regiões do país, de diversos setores do Estado e da sociedade civil. O documento resultante desse processo, a *Agenda 21 Brasileira – Bases para Discussão*, foi publicado em 2000 e tornou-se referência para a elaboração da *Agenda 21 Brasileira*, publicada em 2004 em dois volumes: *Ações Prioritárias e Resultado da Consulta Nacional* (Teixeira, 2006).

Quando se fala em meio ambiente entre os especialistas, não há unanimidade quanto ao conceito. Em sentido lato, significa lugar, recinto ou sítio dos seres vivos e das coisas. Em sentido estrito, refere-se à combinação de todas as coisas e dos fatores externos ao indivíduo ou à população de indivíduos, constituídos por seres bióticos e abióticos e suas relações e inter-relações (Krzyszczak, 2016).

No país, a Lei n. 6938/1981, que trata da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), definiu o conceito de meio ambiente como “o conjunto de condições, leis, influências e infraestrutura de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (Brasil, 1981). Para Krzyszczak (2016), a terminologia adotada no Brasil é a da PNMA, que contempla todo o conjunto de bens, naturais ou não, produzidos pelo homem e que o afetam de algum modo em sua existência. O conceito de meio ambiente não serve apenas para designar um objeto específico, mas, de fato, uma relação de interdependência que deriva, necessariamente, do ser humano, por estar relacionada a ele.

A partir da década de 1990, os estudos sobre percepção têm adquirido significado e relevância nas políticas públicas e na implantação de suas ações, sobretudo quando se trata dos problemas relacionados ao meio ambiente, bem como às transformações e mudanças de atitudes e condutas das comunidades (Guimarães, 2003). A ECO 92 contou com a presença de 180 chefes de Estado e a participação de praticamente todos os países do mundo, mudando os rumos do ambientalismo brasileiro. Destaca-se que essa conferência permitiu um olhar diferenciado para o planeta, que, inclusive, foi revisto, rediscutido e analisado (Almeida; Ortiz, 2006).

Segundo Krzyszczak (2016), a percepção ambiental pode ser definida como a tomada de consciência do ambiente pelo ser humano, ou seja, o ato de perceber o ambiente no qual está inserido, aprendendo a proteger e a cuidar dele. A percepção de cada indivíduo é um processo pessoal, contudo sabemos que o indivíduo não age isoladamente em um determinado ambiente, mas de forma coletiva, uma vez que faz parte de um grupo com comportamento e características semelhantes.

Cotidianamente, a percepção de meio ambiente é diferente entre as pessoas. Isso porque o “entendimento” sobre o meio ambiente resulta não apenas das condições materiais que cercam os indivíduos, mas também dos conhecimentos e conteúdos afetivos, éticos, ideológicos e filosóficos que condicionam a sua própria percepção (Porto-Gonçalves, 2004). Essa percepção do meio ambiente se materializa

em práticas e ações que determinam a forma como o ser humano se relaciona com o meio ambiente, sendo, portanto, imprescindível para a análise das questões ambientais, especialmente em processos formativos como na educação ambiental.

Os estudos da percepção ambiental são de fundamental importância para compreender as inter-relações entre o ser humano e o ambiente, bem como suas expectativas, anseios, satisfações e insatisfações, julgamentos e condutas em relação ao espaço em que está inserido. Desse modo, fornecem subsídios para o estabelecimento de estratégias que amenizem os problemas socioambientais, além de contribuir para a elaboração e implementação de Programas de Educação e Comunicação Ambiental, assegurando a participação social e o envolvimento dos distintos atores nos processos de gestão ambiental.

Pesquisas têm demonstrado que cada indivíduo percebe, reage e responde diferentemente às ações sobre o ambiente em que vive. As respostas ou manifestações decorrentes disso são resultado das percepções – individuais e coletivas – dos processos cognitivos, dos julgamentos e das expectativas de cada pessoa, sendo influenciadas também por elementos culturais (Vasco; Zakrzewski, 2010).

A percepção de meio ambiente deve ser compreendida não como fonte de recursos naturais, mas sim como o espaço de integração da vida e para a vida humana. No entanto, essa percepção não surge de imediato e não é garantida pela explicação conceitual de aspectos da ecologia – ou dos termos meio ambiente e natureza. Ela pode ser alcançada por um processo de formação e informação para mudanças de postura, entendimento da realidade, participação ativa e realização de ações nos processos ambientais.

Segundo Reigota (2009), esse processo de formação pode ocorrer principalmente pelo desenvolvimento da capacidade de diálogo entre culturas, hábitos e gerações distintas, favorecido pela inserção do ser humano como cidadão na elaboração e discussão de questões ambientais no espaço do meio ambiente, também por meio da educação ambiental.

Para Sauv  (1997) e Scoullos (1995), os conceitos de educa o ambiental foram elaborados com base na ideia de que a preserva o ambiental estava relacionada a um tipo distinto de desenvolvimento, essa visão modificou-se com a Conferência de Estocolmo, uma vez que a abordagem principal dela foi discutir as consequências da degrada o ambiental e traçar novos rumos na forma de “explora o dos recursos naturais”.

De um modo geral, a partir dessas perspectivas iniciais, a educa o ambiental foi proposta fundamentalmente na preserva o do meio por seu valor est tico e de recurso (Sauv , 1997). Entretanto, com o passar dos anos, diversos autores foram agregando modos particulares de conceber a prática da educa o ambiental, compondo um cenário diversificado.¹

No Brasil, a Política Nacional de Educa o Ambiental, Lei n. 9795/1999, define a educa o ambiental como o conjunto de processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem habilidades, atitudes, competências, valores sociais e conhecimentos voltados para a conserva o do meio ambiente – bem de uso comum do povo essencial para a sua qualidade de vida e sustentabilidade.

¹ A educa o ambiental adquire desdobramentos variados de acordo com os contextos sócio-históricos nos quais ela se articula. De acordo com Sauv  (2005b), os educadores ambientais (pesquisadores, professores, animadores, políticos, organismos e outros) adotam diferentes discursos. Dessa maneira, apresentam perspectivas ideológicas que resultam em materializa es diversas nesse campo formativo. Uma boa leitura para a compreensão dessa polissemia pode ser realizada em “Uma cartografia das correntes em educa o ambiental”, que consta nas referências deste texto.

A educação ambiental emerge nesse contexto de crise como uma possibilidade de orientação das pessoas nas relações com seu espaço. Ademais, ressalta-se que esse processo educativo foi apresentado no panorama mundial como um instrumento formativo para a diminuição dos problemas ambientais decorrentes das interações estabelecidas pelo ser humano, porém sem ser vinculado a questionamentos mais profundos sobre o modelo econômico hegemônico e as causas da problemática ambiental. Ao analisarmos os discursos na educação ambiental, percebemos uma forte tendência a abordagens centradas nas características naturais do espaço ou na degradação pela poluição. Em muitas dessas abordagens, os aspectos biológicos e físico-químicos da degradação ambiental são privilegiados em detrimento das dimensões política, social e econômica que caracterizam o espaço do meio ambiente (Oliveira, 2016).

A visão conservadora a respeito da educação ambiental é predominante em discursos e propostas oficiais, como os da Unesco, atendendo mais às expectativas políticas de formação de sujeitos para a conservação dos recursos do que, propriamente, à participação crítica nas questões socioambientais (Dias, 1994; Lima, 2004; Loureiro, 2003; Pedrini, 2011; Ramos, 2006).

A perspectiva conservadora está presa aos próprios paradigmas que constituem o modelo de sociedade contemporânea, de modo que, ao tentar compreender a crise, fundamenta-se nos problemas que a caracterizam e não no questionamento das suas causas (Guimarães, 2011). Assim, muitas abordagens/práticas conservadoras, como a reciclagem de materiais, podem reforçar esses paradigmas.

As preocupações voltadas para os aspectos naturais contribuem para “ecologizar” a sociedade pela educação, reduzindo a interpretação das questões socioambientais à descrição ou conservação dos sistemas naturais (Leff, 2010). Perspectivas voltadas para essa dimensão promovem um deslocamento da visão sobre a problemática ambiental para entendimentos inseridos em uma ordem “natural” (Foladori, 2001).

Essa separação entre as dimensões sociais e naturais caracteriza um dos aspectos da visão conservadora. Os problemas ambientais não são considerados decorrentes da problemática constituída pelas interações, tratando-se, portanto, de uma visão fragmentada e simplista da complexidade das relações (Guimarães, 2007, 2009). O destaque na informação acerca das consequências da degradação ambiental remete à ideia da sua suficiência para a atuação dos sujeitos nos dilemas socioambientais.

Nesse sentido, nas perspectivas conservadoras, não identificamos elementos de rupturas com os aspectos utilitaristas historicamente instituídos na relação entre ser humano e meio ambiente. Por conseguinte, compreendemos que a visão conservadora não supera o cientificismo cartesiano, que justifica a utilização do conhecimento para a dominação e a exploração dos recursos naturais pelo homem, e em decorrência do próprio homem.

Conceber a educação ambiental prioritariamente para a redução da degradação é o mesmo que reduzi-la a um instrumento de gestão dos espaços. As limitações e os riscos de equívocos são muitos quando visões fundamentadas nesses pressupostos desconsideram outras dimensões sociais. Nesse âmbito, destacamos que as perspectivas de educação ambiental podem colaborar para a constituição da participação das pessoas na problemática socioambiental com contribuições mais ou menos significativas nesse intuito.

Por essa razão, defendemos que a educação ambiental crítica favorece esse processo de participação, pois considera o ser humano inserido no espaço de dimensões socioambientais, a vida em sua complexidade e a compreensão das questões ambientais não restritas às dimensões naturais do espaço. Sua proposta é desveladora e

comprometida com a transformação dos contextos sociais e a formação de pessoas capazes de identificar, questionar, propor soluções e agir diante das questões socioambientais (Jacobi, 2005; Reigota, 2009; Guimarães, 2007, 2011; Carvalho, 2012; Loureiro, 2012).

Nota-se, portanto, que os estudos a respeito da temática ambiental, sobretudo os que incentivam os sujeitos a perceberem a sua importância como atores e modificadores do meio em que vivem, são de suma importância para induzir a concepção sobre o uso de recursos naturais. Sendo assim, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos referentes ao levantamento da percepção ambiental, seja em um município, em um bairro ou até mesmo em uma comunidade. É com base nesse contexto que o presente trabalho teve como objetivo analisar a percepção ambiental da comunidade discente dos cursos técnicos integrados de um dos câmpus do IFG, de forma a possibilitar uma proposta pedagógica centrada na análise da percepção ambiental para possíveis mudanças de hábitos, atitudes e práticas sociais.

Materiais e Métodos

A pesquisa fundamenta-se em aspectos quali-quantitativos. Para o desenvolvimento dela foram aplicados dois questionários em turmas de 1º, 2º e 3º anos do Curso Técnico Integrado em Meio Ambiente. O primeiro questionário teve por objetivo verificar os conceitos relacionados a uma visão mais ampla do meio ambiente e seu uso, além de elencar dados socioeconômicos.

O formulário foi criado na plataforma google docs, sendo solicitado aos alunos que o respondessem sinalizando a alternativa. As perguntas foram: “1 - O que você entende sobre Meio Ambiente?”; “2 - O que vem a sua mente quando se fala de ‘Percepção’?”; “3 - O que vem a sua mente quando se fala ‘Percepção Ambiental’?”; “4 - O que vem a sua mente quando se fala de ‘Poluição’?”; “5 - O que você entende sobre os Recursos Naturais?”; “6 - Você sabe qual a necessidade de tratar os Impactos Ambientais?”; “7 - Qual tipo de problema ambiental é predominante na sua comunidade?”; “8 - Você é uma pessoa disposta a acabar com os problemas ambientais na sua comunidade citados na questão anterior?”; “9 - O que você entende sobre conservação do Meio Ambiente?”; “10 - Ações sem planejamento adequado podem provocar alguns impactos no meio ambiente ou alterar a qualidade de vida?”; “11 - Em casos de impactos ambientais que afetam a saúde da população local, quem você colocaria como responsável, por causar ou para tratar?”. Esse primeiro questionário foi aplicado nas turmas do 1º, 2º e 3º anos (Curso Técnico Integrado em Meio Ambiente), com um total de 58 respostas.

O segundo questionário, cujo objetivo foi analisar a percepção referente ao uso da água, foi elaborado na plataforma google docs, contendo as seguintes perguntas: “1 - A água é um recurso que pode acabar?”; “2 - Se sim, como pode acabar?”; “3 - Quantas vezes você usa o vaso sanitário por dia, com gasto de água?”; “4 - Ao utilizar para escovar os dentes, a torneira permanece:”; “5 - Quantas vezes você utiliza o bebedouro por dia?”; “6 - Qual a média diária de banhos que você toma?”; “7 - Em média, qual a duração do seu banho?”; “8 - Você acha que a água da chuva pode ser utilizada?”; “9 - Se sim, de que maneira?”; “10 - Você sabe o que significa o termo reutilizar água?”; “11 - Em sua casa, alguém reutiliza água?”; “12 - Se sim, qual a forma é mais utilizada?”; “13 - Qual a maneira mais eficiente de reduzir o desperdício de água em âmbito global?”; “14 - Na instituição onde você estuda, há alguma forma de conscientização sobre desperdício de água?”; “15 - Na sua opinião, deveria ter

algum projeto/programa na instituição sobre conscientização do uso e reutilização da água?"; "16 - Como a água da chuva poderia ser reutilizada no seu câmpus?". Esse questionário foi respondido por 76 discentes do 1º ano dos cursos técnicos integrados em Análises Clínicas, Vigilância em Saúde e Meio Ambiente.

A partir dos dados, apresentamos um recorte sobre a percepção de meio ambiente, recursos naturais e o uso racional da água. Estudos como este são importantes para as tomadas de decisão concernentes a processos formativos pela educação ambiental na escola.

Resultados e Discussão

Após a aplicação dos questionários, foi possível identificar o perfil da percepção ambiental em relação ao uso dos recursos naturais. Os gráficos 1 a 10 apresentam os resultados sobre essa percepção, conforme relatado pelos discentes.

No primeiro questionário, nosso objetivo foi compreender, além do perfil socioeconômico, as percepções básicas sobre o meio ambiente, incluindo a percepção ambiental, o uso de recursos naturais, a poluição, os impactos ambientais e a sua conservação. Assim, coletamos um total de 58 respostas de estudantes nas turmas do 1º, 2º e 3º ano do Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio em Meio Ambiente.

Dentre esses estudantes, 87,9% vivem na área urbana e, nas residências, cerca de 65,5% convivem em grupos de 4 a 5 pessoas. Aproximadamente 84,5% (Gráfico 1) dos discentes consideram o meio ambiente como o espaço onde vivem; ou seja, já se reconhecem como parte desse ambiente, que não se limita às áreas verdes, matas ou áreas de preservação. Com isso, inferimos que predomina a visão do meio ambiente como um espaço qualquer, além de incluir a cultura como um elemento constitutivo.

Para Dias (2013), a percepção de meio ambiente pode ser compreendida por meio de categorias, apontando para sete delas, das quais três estão evidenciadas nas falas representadas no Gráfico 1. A visão do meio ambiente como um espaço qualquer, que inclui a casa, a escola, a igreja, o trabalho e outros locais, é predominante em relação à visão de natureza intocada e áreas preservadas.

É amplamente reconhecido por meio dos inúmeros estudos já realizados que cada ser reage e percebe de forma diferente, pois cada um tem uma história que lhe permite, a partir das experiências de vida, traçar em seu subconsciente a sua própria percepção das coisas do mundo. Para 44,8% (Gráfico 2), a percepção está ligada ao ato de nosso cérebro interpretar algo, enquanto 53,4% (Gráfico 2) entende que a percepção, além do ato de perceber, pode envolver ações que busquem realizar mudanças.

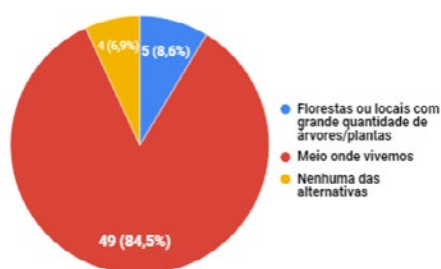


Gráfico 1- Percepção do meio ambiente
Fonte: Elaboração própria.



Gráfico 2 - Ideias acerca da percepção
Fonte: Elaboração própria.

Para os discentes, a percepção ambiental é uma forma de entender conscientemente a interação do ser humano em seu espaço. O ato de perceber é uma ferramenta importante para que as tomadas de decisão possam ser conscientes (Gráfico 3). Nesse contexto, os discentes reconhecem que a poluição é algo que faz mal à saúde humana, e que conseqüentemente esse malefício é causado por alterações no ecossistema provenientes de uma percepção equivocada do ambiente como espaço de resiliência (Gráfico 4).



Gráfico 3 - Ideias acerca da percepção ambiental
Fonte: Elaboração própria.

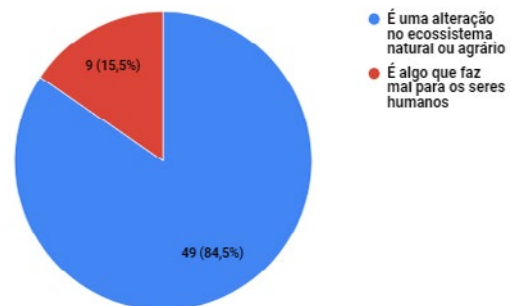


Gráfico 4 - Ideias acerca da poluição
Fonte: Elaboração própria.

A Figura 5 demonstra que a concepção de recursos naturais está vinculada ao fato de o ambiente ser útil ao ser humano. Além disso, a percepção dos recursos renováveis e não renováveis evidencia a importância das discussões abordadas nas disciplinas ao longo do curso. Sabe-se que os impactos ambientais têm a capacidade de alterar as características do meio ambiente, inclusive de modo que, se acentuados, será preciso dispor de medidas para mitigá-los. Conforme observado no Gráfico 6, cerca de 84,5% dos discentes reconhecem a necessidade de tratamento dos impactos ambientais e compreendem que ações nesse sentido minimizam os problemas no meio ambiente, porém com custos ambientais.

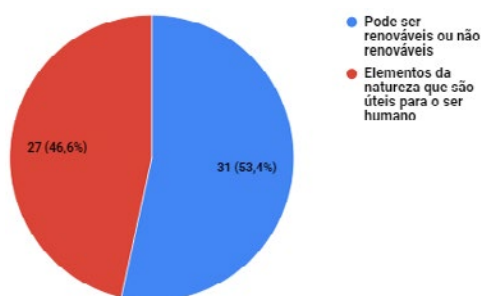


Gráfico 5 - Percepção de recursos naturais
Fonte: Elaboração própria.

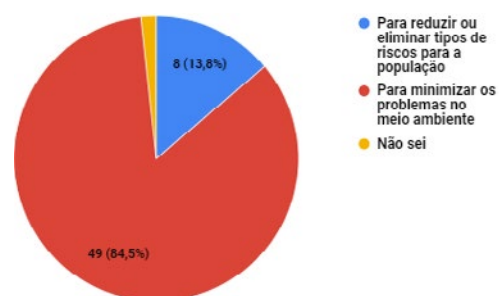


Gráfico 6 - Tratamentos dos impactos ambientais
Fonte: Elaboração própria.

Como já mencionamos, cada ser percebe e reage de forma diferente. Embora o Gráfico 6 mostre uma predominância nas falas para a necessidade de tratamento dos impactos, esse percentual diminui para 62,1% (Gráfico 7), quando o contexto se refere à disposição para atuar diante dos impactos ambientais, indicando uma diferenciação em relação à questão anterior. Em sua maioria (Gráfico 8), os discentes entendem que a conservação minimiza ou elimina os impactos ambientais e, além disso, que a preservação do meio ambiente é uma maneira de impedir que “os impactos aconteçam”.

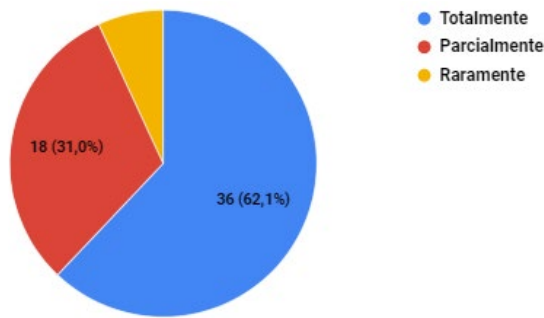


Gráfico 7 - Disposição para acabar com os problemas ambientais

Fonte: Elaboração própria.

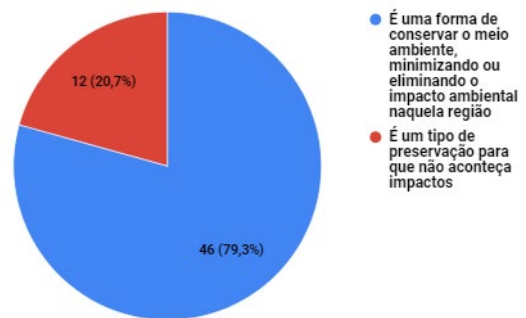


Gráfico 8 - Conservação do meio ambiente

Fonte: Elaboração própria.

Nota-se que, apesar de perceber a necessidade de se encarregar dos impactos ambientais, há uma redução nas perspectivas de ação quando o contexto está relacionado à disposição para fazer algo nesse sentido, ou seja, o sujeito percebe a necessidade, porém nem sempre demonstra vontade de agir.

Costa (2016) relata que, na maioria das vezes, apesar de saber citar os problemas ambientais, os sujeitos geralmente não compreendem as origens e as consequências deles. Isso é uma consequência da baixa criticidade sobre o assunto, que não possibilita reconhecer os impactos ambientais relacionados às dimensões sociais às quais estão submetidos. Nesse âmbito, apontamos que o desenvolvimento da educação ambiental pode promover a reflexão sobre as relações entre a problemática ambiental e as decisões político-econômicas.

Ao serem questionados sobre os responsáveis pelos impactos ambientais que afetam a população local, aproximadamente 67,2% afirmaram ser a população, o governo e os órgãos ambientais (Gráfico 9), ou seja, eles reconhecem que o dever de cuidar do meio ambiente é de todos. Desse modo, observa-se que os discentes conseguiram mencionar diversos problemas ambientais (Gráfico 10), referindo-se frequentemente à presença de lixo, queimadas, desmatamento e poluição do ar e da água. Ao perceberem esses diferentes tipos de problemas, mostraram disposição para combatê-los, entendendo que conservar os recursos naturais é uma forma de preservar o meio ambiente, eliminando ou minimizando os impactos ambientais na região. Ao se sentirem parte do meio ambiente e envolvidos nos processos de decisão referentes a esses espaços, os discentes destacaram que o governo, a população e os órgãos ambientais são os principais responsáveis por se encarregar dos problemas ambientais, devendo saná-los.

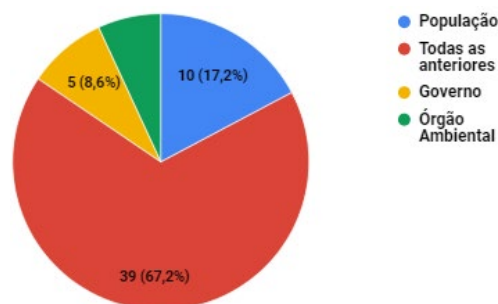


Gráfico 9 - Responsabilidade referente aos impactos ambientais

Fonte: Elaboração própria.

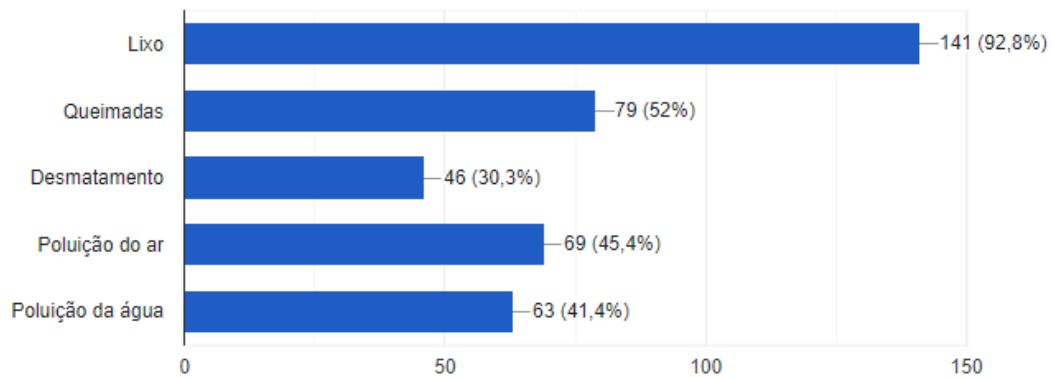


Gráfico 10 - Problema ambiental predominante na comunidade

Fonte: Elaboração própria.

Na pesquisa realizada por Nascimento e Silva Júnior (2019), problemas ambientais globais, como “desperdício”, “escassez de água” e “aquecimento global”, e regionais, como “desmatamento”, “lixo”, “queimadas”, “poluição” (entendida aqui como poluição do ar e do solo) e “poluição dos rios”, são temas muito atuais na mídia. Nesse estudo, destacam-se as queimadas, o desmatamento e a poluição dos rios, com os respectivos percentuais de 21,15%, 25% e 10,60%. Sobre esses dados, inferimos que o desmatamento e as queimadas se tornaram mais evidentes possivelmente por se tratar de uma região agrícola, onde ocorre a extração de areia.

Os gráficos de 11 a 26 apresentam os resultados dos questionários sobre a percepção do uso da água. O perfil dos alunos se divide em 28,9% no Curso Técnico em Vigilância em Saúde e Análises Clínicas e 42,1% no Curso Técnico em Meio Ambiente (Gráfico 11). Quanto ao gênero, 58,7% e 41,3% são femininos e masculinos, respectivamente. Cerca de 97,4% reconhecem a água como um recurso finito (Gráfico 12), sendo que a principal causa elencada foi o desperdício (80%), seguido pela poluição (48%) e pelo uso indevido (33,3%).

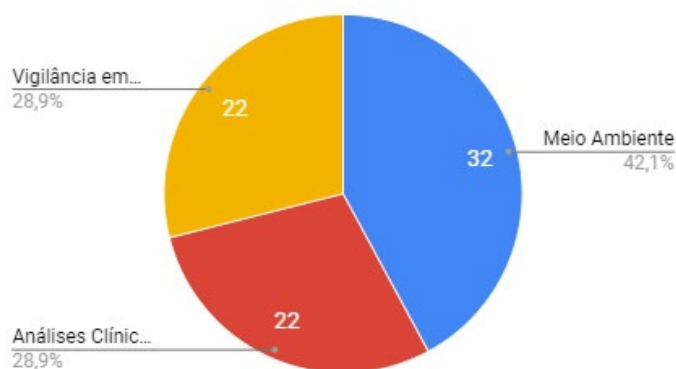


Gráfico 11 - Distribuição das respostas por curso

Fonte: Elaboração própria.

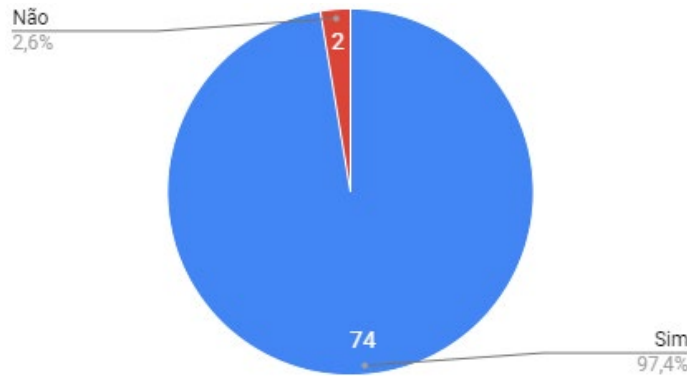


Gráfico 12 - Distribuição da concepção de que a água pode acabar

Fonte: Elaboração própria.

Pelas respostas nos questionários, infere-se que os estudantes compreendem que o desperdício corresponde ao principal fator de risco para fim do recurso da água (Gráfico 13). O gasto de água para a limpeza dos sanitários foi de uma vez por dia (7,1%), duas vezes (44,3%), três vezes (34,3%) e quatro vezes (14,3%), conforme demonstrado no Gráfico 14. Esses resultados estão relacionados aos fatores fisiológicos, que variam de indivíduo para indivíduo. No entanto, por se tratar de cursos em tempo integral, tendo em vista que os discentes permanecem das 7 horas às 17 horas na escola, o uso da descarga de duas a três vezes por dia gera um desperdício de água.

Isso aponta para a necessidade de um processo formativo por meio da educação ambiental que provoque nos estudantes a reflexão sobre a água como um bem esgotável, embora seja um recurso natural renovável. É preciso despertar nos alunos a conscientização sobre a importância de economizar água, principalmente em estados como o Centro-Oeste, que enfrenta constantes períodos de escassez desse recurso.

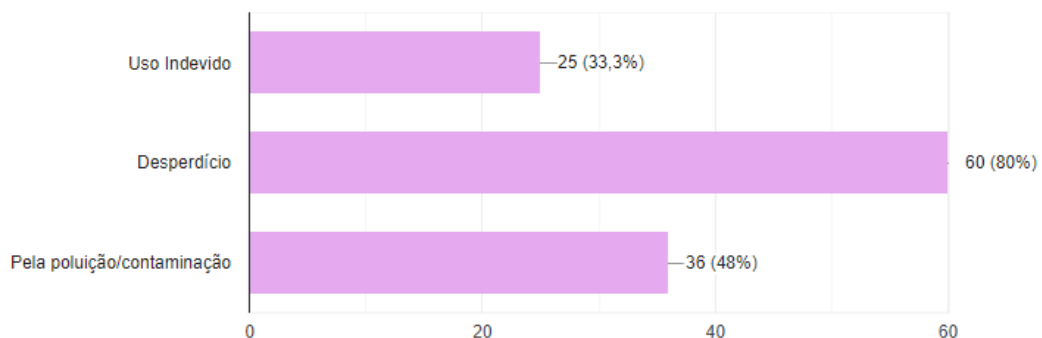


Gráfico 13 - Formas por meio das quais a água pode se esgotar

Fonte: Elaboração própria.

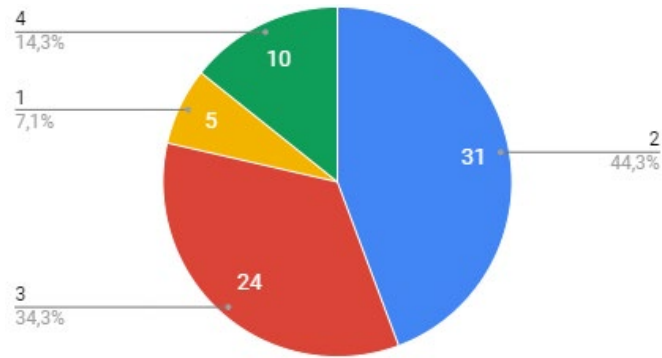


Gráfico 14 - Uso diário do vaso sanitário
 Fonte: Elaboração própria.

Quando questionados sobre a higiene pessoal, a maior parte dos entrevistados (81,6 %) declararam que mantêm a torneira fechada durante a escovação, o que demonstra uma preocupação maior com o desperdício de água (Gráfico 15). Além disso, apenas alguns estudantes (em verde no Gráfico 15) declararam não se preocuparem com isso durante as atividades no Instituto Federal de Educação. Em relação ao uso dos bebedouros, 63,3% dos alunos os utilizam três vezes ou mais ao dia, o que demonstra uma preocupação com a hidratação (Gráfico 16).

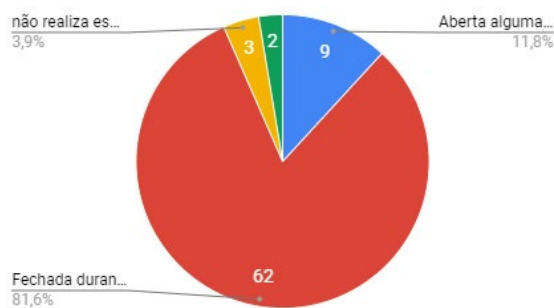


Gráfico 15 - Uso da torneira ao escovar os dentes
 Fonte: Elaboração própria.

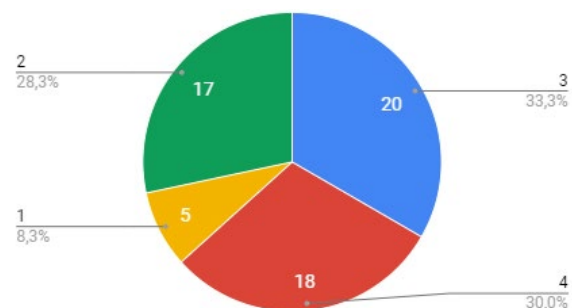


Gráfico 16 - Uso do bebedouro por dia
 Fonte: Elaboração própria.

O padrão de consumo no banho reflete o perfil do aluno de tempo integral, predominando 72,4% com dois banhos por dia, ou seja, possivelmente fazem o uso para a higiene ao irem ao Instituto e no retorno, quando já estão em casa para o descanso (Gráfico 17). Quanto à média de banhos por dia e à duração deles (gráficos 17 e 18) apenas 7,9% declararam que o tempo é de até 5 minutos, 55,3% entre 5 e 10 minutos, 28,9 % entre 10 e 30 minutos e 7,9 % acima de 30 minutos. Esses dois últimos grupos revelam uma dubiedade nas respostas dos participantes, uma vez que, embora tenham destacado a importância de não desperdiçar água, 92,1% permanecem no banho por mais de 5 minutos, e 36,8% por mais de 10 minutos. Por essa razão, emerge novamente a importância de um processo formativo por meio da educação ambiental.

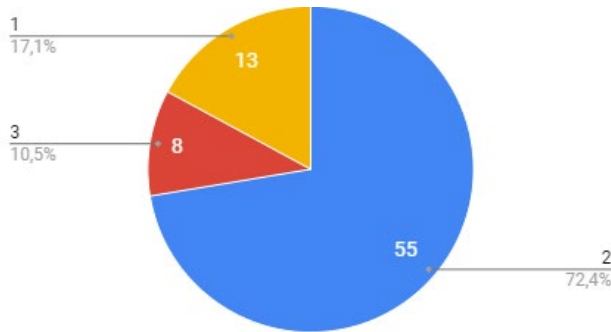


Gráfico 17 - Média de banhos por dia

Fonte: Elaboração própria.

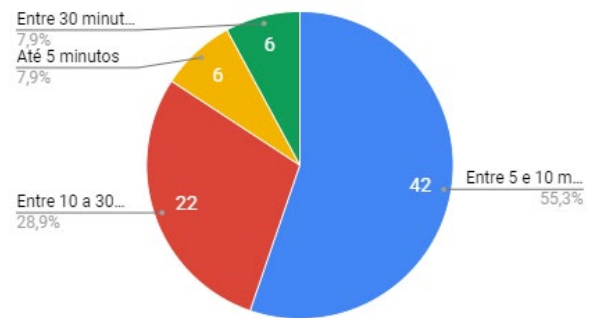


Gráfico 18 - Duração média do banho

Fonte: Elaboração própria.

Estudos realizados por Farias (2018) apresentam resultados similares, nos quais 75% dos discentes (15) relataram que tomam banho três vezes ao dia, com duração variando de 5 a 30 minutos; 20% (4) informaram que tomam dois banhos diários, com duração de 5 a 30 minutos; e somente 20% (1) revelou tomar banho quatro vezes ao dia, com duração de 5 a 10 minutos. O resultado foi o seguinte: para 55% dos participantes, o tempo médio de permanência no chuveiro foi de 5 a 10 minutos; 30% relataram de 11 a 20 minutos; 15% de 21 a 30 minutos; e apenas 3% afirmaram que seus banhos têm tempo superior a 15 minutos. O fato de a maioria declarar um tempo relativamente baixo revela que a percepção ambiental quanto ao uso dos recursos hídricos é uma realidade para grande parcela da população. A opção por banhos mais rápidos compromete menos o orçamento familiar e evita o desperdício de água.

Os participantes demonstraram consciência com relação ao potencial de reutilização da água da chuva, com 98,7% (Gráfico 19). No Gráfico 20, os discentes elencaram as principais formas de reuso, sendo o principal reuso citado o armazenamento para uso posterior durante a limpeza do câmpus (88%), seguido de uso em vasos sanitários, banho e consumo para fins potáveis, 48%, 14,7% e 10,7% respectivamente. Para este último, destaca-se a importância de uma investigação mais detalhada, visto que a água para fins potáveis deverá apresentar conformidade com a portaria de potabilidade.

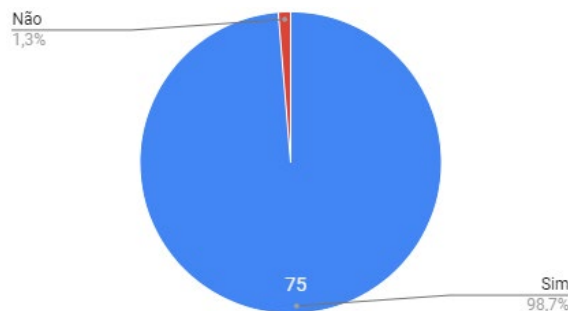


Gráfico 19. Utilização da água da chuva

Fonte: Elaboração própria.

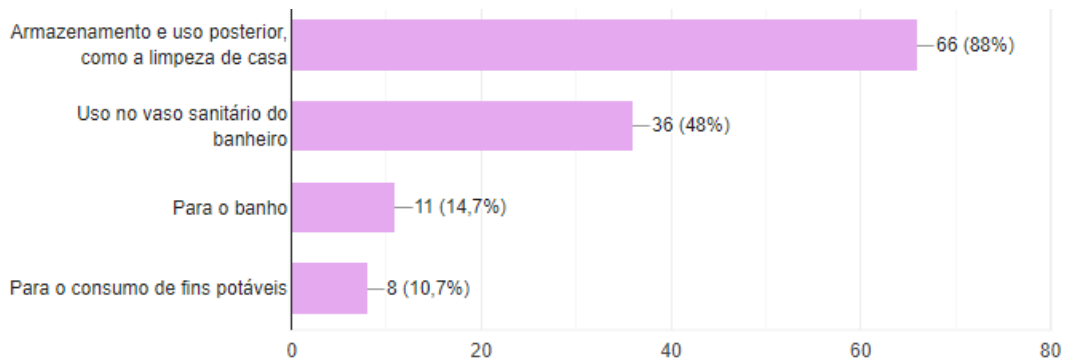


Gráfico 20. Formas de utilização da água da chuva
 Fonte: Elaboração própria.

Ao analisar o Gráfico 21, nota-se que 97,1% dos discentes sabem o que significa o termo “reutilização de água”, fato esse que também se observa no Gráfico 22. Nesse caso, além de conhecerem o termo, eles fazem a reutilização em suas casas (92,1%).

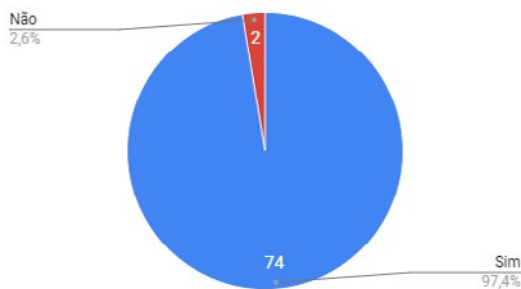


Gráfico 21 - Conhecimento do termo reutilização de água
 Fonte: Elaboração própria.

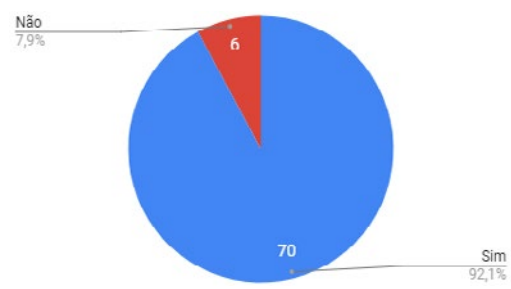


Gráfico 22 - Reutilização da água em sua própria casa
 Fonte: Elaboração própria.

Os gráficos 23 e 24 mostram, respectivamente, as formas de reutilização da água da chuva e as alternativas que podem ser utilizadas para a redução do desperdício. As formas predominantes de reutilização da água por parte dos discentes em suas casas são principalmente a água da máquina de lavar e a reutilização da água da chuva, conforme se verifica no Gráfico 23. Em nível global, os alunos indicaram que uma maneira de reduzir o desperdício seria a reformulação do modelo de produção do agronegócio (53,4%) (Gráfico 24), uma vez que a irrigação é a principal atividade consumidora de água, correspondendo a cerca de 60% do consumo mundial, de acordo com o estudo realizado por Contor e Taylor (2013).

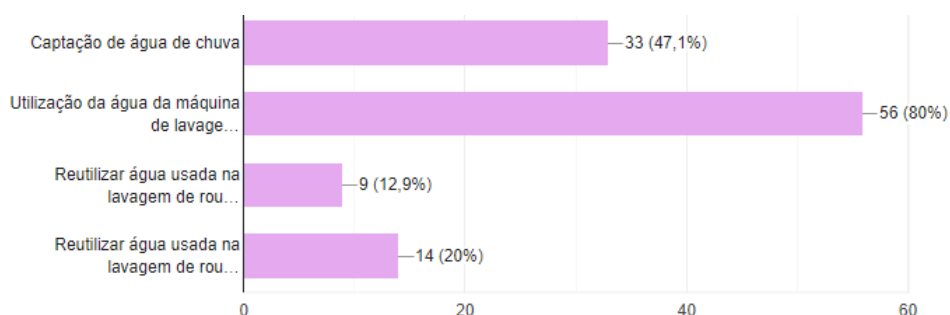


Gráfico 23 - Formas de reutilização da água da chuva
 Fonte: Elaboração própria.

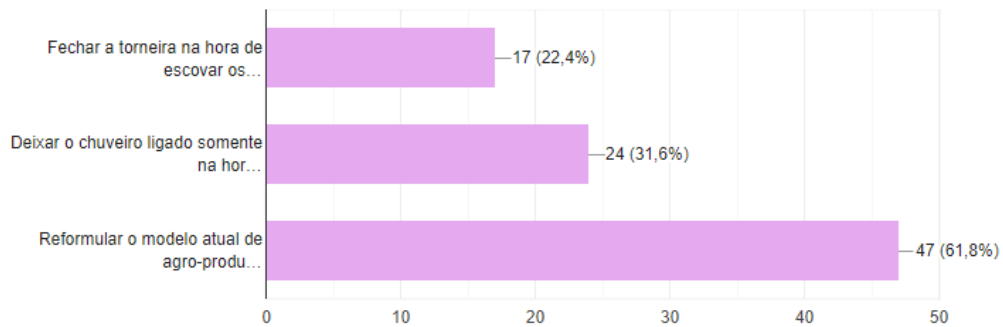


Gráfico 24 - Forma de redução do desperdício de água

Fonte: Elaboração própria.

Para Ribeiro e Lelacher (2019), como forma de minimizar os impactos ambientais que afetam os recursos hídricos, torna-se necessária a adoção de medidas emergenciais, nesse caso o reuso da água tem se tornado uma solução eficiente. O reuso da água tem inúmeras vantagens para a gestão dos recursos hídricos, sobretudo o fato de preservar a água potável para o próprio consumo humano.

No Gráfico 25, observa-se que 59,5% dos discentes não conhecem campanhas de conscientização e de redução do desperdício de água, contudo pode-se afirmar que há cartazes informativos sobre o tema sempre visíveis nos banheiros e bebedouros. Além disso, esses alunos mencionaram a necessidade de uma intervenção na forma de projeto ou programa institucional de educação ambiental, com aprovação de 94,7% (Gráfico 26).

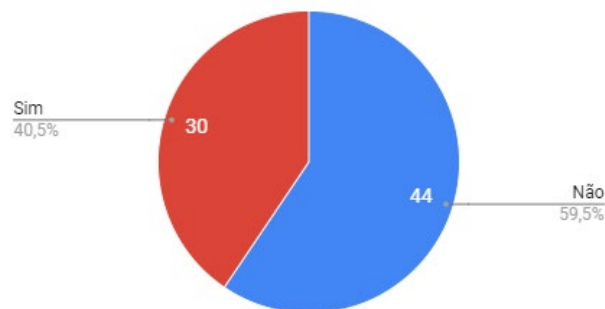


Gráfico 25 - Concepção de conscientização referente ao desperdício

Fonte: Elaboração própria.

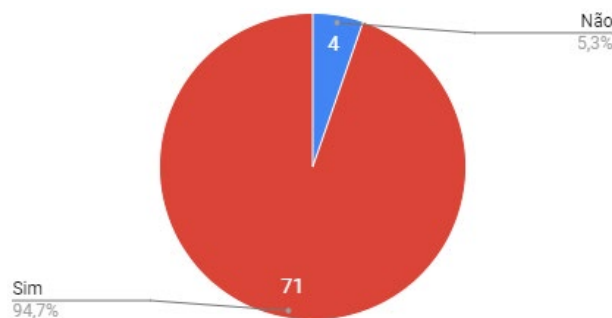


Gráfico 26 - Percepção da importância da reutilização de água na instituição

Fonte: Elaboração própria.

O desperdício de água é um tema que pode ser discutido em diversas áreas, contribuindo para a institucionalização de práticas conservacionistas e a adoção de uma postura mais crítica e menos agressiva com relação ao meio ambiente. O combate ao

desperdício de água pode ser tratado no âmbito escolar, bem como em outros espaços da comunidade (Veras *et al.*, 2014).

Isso remete à ideia de que o comprometimento por parte da instituição de ensino, por meio de ações de educação ambiental relacionadas a essa temática, pode ser estendido a todos os níveis e áreas de conhecimento. Em relação à reutilização da água da chuva na Instituição (Gráfico 27), os alunos indicaram os seguintes usos: em primeiro lugar, para a limpeza (56,25%); depois, para a irrigação do jardim (25,89%); e, por fim, para os sanitários (17,86%) (Gráfico 27).

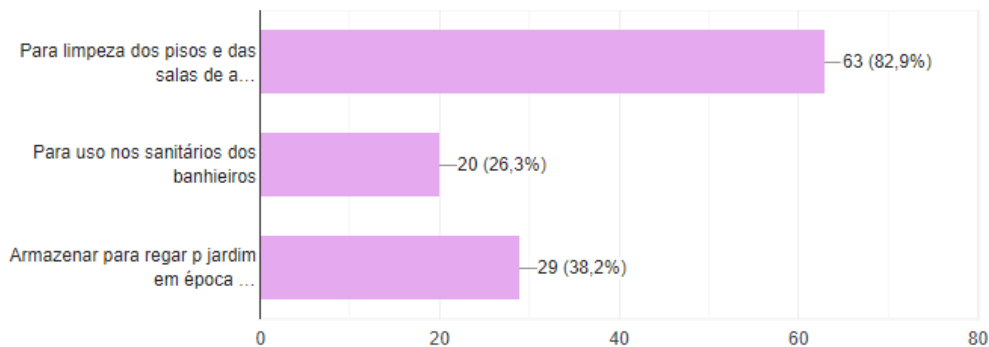


Gráfico 27 - Formas de reutilização da água da chuva no câmpus

Fonte: Elaboração própria.

A lavagem dos pisos foi a opção mais escolhida, pois essa atividade acontece diariamente durante as aulas, o que faz com que os alunos percebam que, durante o período letivo, o uso de água para a limpeza das salas e das áreas de convivência é constante. Ressalta-se que essa percepção pode estar relacionada à ideia de limpeza do local em que convivem todos os dias, assim isso requer um esforço conjunto para a conservação e manutenção da higiene e limpeza desses espaços.

O estudo sobre a percepção ambiental do uso da água é um meio de compreender como os participantes dessa pesquisa percebem o sistema ambiental no qual estão inseridos e de identificar as formas como acessam e utilizam a água, sobretudo no ambiente escolar. Após a análise dos questionários, foi possível verificar que as diferenças observadas no uso da água podem estar relacionadas ao público-alvo, ou seja, aos cursos técnicos integrados em Análises Clínicas, Vigilância em Saúde e Meio Ambiente, sendo essa temática trabalhada formalmente apenas no curso de Meio Ambiente, enquanto há uma ausência, tanto formal quanto informal, de abordagem desse tema nos demais cursos.

Diante disso, acredita-se que é necessária uma reorganização das propostas de educação ambiental para a melhoria do desenvolvimento do processo de formação da cultura ambiental dos discentes, sendo necessária também a formação continuada dos docentes. Por conseguinte, destacamos que não basta apenas promover a percepção racional do uso da água entre os discentes, é preciso que toda a comunidade – estudantes, professores, técnicos administrativos e terceirizados – adote uma postura responsável em relação ao uso consciente da água.

Considerações finais

O levantamento dos dados permitiu um conhecimento mais amplo acerca da percepção ambiental dos discentes quanto ao uso dos recursos naturais em geral,

e da água em específico. Com base nas respostas, foi possível concluir que grande parte dos discentes possuem conhecimento sobre esses assuntos e demonstram preocupação com o meio em que vivem, manifestando noções de responsabilidade em relação ao local onde habitam.

As respostas obtidas no questionário acerca do uso dos recursos naturais revelam que os discentes consideram o meio ambiente como um espaço social, percebendo-se como parte do meio em que vivem, embora também o compreendem como natureza e áreas de preservação. Nesse sentido, foi possível observar que os estudantes entendem que a exploração dos recursos naturais pode gerar impactos ambientais, e que essas ações provocam efeitos variados na região em que residem. Diante disso, inferimos que a percepção da responsabilidade pelos impactos no meio em que vivem, como uma ação conjunta entre a sociedade, o governo e os órgãos ambientais, aponta para a necessidade de ampliação do debate sobre as questões socioambientais.

Em relação ao uso da água, os discentes têm percepções sobre o desperdício, no entanto relatam hábitos que são um contrassenso quanto a essas percepções, tais como o tempo elevado de duração de seus banhos. Apesar dessa dubiedade, os discentes compreendem a importância de ações potencializadoras da reutilização da água, seja da máquina de lavar ou da água da chuva. Esses estudantes discorrem sobre a necessidade de mais ações de conscientização e mudança de hábitos para o uso mais adequado do recurso natural: a “água”. Concernente a isso, destacamos que um processo formativo por meio da educação ambiental poderia contribuir para esse processo de conscientização e mudança de hábitos.

Com base nesse levantamento sobre as percepções dos estudantes, podemos afirmar que são apresentados elementos importantes para o desenvolvimento de perspectivas mais críticas. À vista disso, ressaltamos que a educação ambiental crítica pode ser um caminho formativo oportuno para a identificação, discussão, análise e ação em relação às questões ambientais em suas complexidades. A educação, em seu sentido amplo de formação integral, deve promover a construção do conhecimento ambiental situado em perspectivas sociais, históricas, culturais, econômicas e políticas. Essa visão é viável para que o educando construa uma visão ampla e complexa do conhecimento, permitindo-lhe analisar, discutir e agir no contexto em que está inserido, conectado às questões de ordem global.

Portanto, entende-se que esse caminho é complexo e que a construção e evolução da consciência ambiental envolve várias dimensões, dentre elas a educação. Assim, a partir das percepções identificadas e pautados nos princípios da educação ambiental crítica, daremos continuidade ao desenvolvimento dessa proposta.

Referências

ALMEIDA, P. M.; ORTIZ, A. C. M. Concepções de meio ambiente e educação ambiental entre acadêmicos e coordenadores de cursos de graduação do Centro Universitário Franciscano, *Disciplinarum Scientia*, Santa Maria, v. 7, n. 1, p.1-17, 2006.

BATISTA, L. P. P.; PAULA, E. O.; MATOS, T. P. P. B. Percepção ambiental sobre a água de crianças de escola pública de Fortaleza, CE. In: VI CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2019, Fortaleza. *Anais* [...]. Fortaleza: Conedu, 2019. p. 1-8. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/>

conedu/2019/TRABALHO_EV127_MD1_SA14_ID7803_11092019170656.pdf.
Acesso em: 24 out. 2024.

BRASIL. *Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%206.938%2C%20DE%2031%20DE%20AGOSTO%20DE%201981&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional,aplica%C3%A7%C3%A3o%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias. Acesso em: 24 out. 2024.

BRASIL. *Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999*. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1999. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 24 out. 2024.

CARVALHO, I. C. M. *Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico*. São Paulo: Cortez, 2012.

CONTOR, B. A.; TAYLOR, R. G. Why improving irrigation efficiency increases total volume of consumptive use. *Irrig. Drain*, [s. l.], v. 62, p. 273-280, 2013.

COSTA, S. Percepção ambiental dos estudantes jovens e adultos da educação básica (programa EJA) de escolas públicas municipais. *Revista Monografias Ambientais*, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 393-403, 2016.

DIAS, D. B. *Concepções de meio ambiente e natureza: uma reflexão com alunos de 7º ano do ensino fundamental do Distrito Federal*. 2013. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013.

DIAS, G. F. *Educação ambiental: princípios e práticas*. 3. ed. São Paulo: Gaia, 1994.

FARIAS, F. S. *Percepção ambiental e uso da água pelos discentes: um estudo de caso na Escola Estadual Pedro Teixeira, Tabatinga – AM*. 2018. 50 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional para o Ensino das Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

FOLADORI, G. *Limites do desenvolvimento sustentável*. Campinas: Ed. Unicamp, 2001.

GUIMARÃES, M. *A dimensão ambiental na educação*. 9. ed. Campinas: Papyrus, 2009.

GUIMARÃES, M. Armadilha paradigmática na educação ambiental. In: LOUREIRO, Carlos Frederico Bernado et al. (org.). *Pensamento complexo, dialética e educação ambiental*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

GUIMARÃES, M. *Educação ambiental: no consenso um embate?* 5. ed. Campinas: Papyrus, 2007.

GUIMARAES, S. T. de L. *Percepção, interpretação e educação ambiental: um olhar geográfico*. São Paulo, SP: Território & Cidadania, v. 3, n. 1, 2003.

JACOBI, C. M.; FLEURY, L. C.; ROCHA, A. C. C. L. Percepção ambiental em Unidades de Conservação: experiências com diferentes grupos etários no Parque Estadual da Serra do Rola Moça. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2004, Belo Horizonte. *Anais [...]*. Belo Horizonte: UFMG, 2004.

KRZYSCZAK, F. R. As diferentes concepções de meio ambiente e suas visões. *Revista de Educação do IDEAU*, Getúlio Vargas, v. 11, n. 23, p. 1-17, 2016.

LEFF, E. *Epistemologia ambiental*. Tradução: Sandra Valenzuela. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2010.

LIMA, G. F. C. Educação, emancipação e sustentabilidade: em defesa de uma pedagogia libertadora para a educação ambiental. In: Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental; Philippe Pomier Layrargues (coord.). *Identidades da educação ambiental brasileira*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

LOUREIRO, C. F. B. *O movimento ambientalista e o pensamento crítico: uma abordagem política*. Rio de Janeiro: Quartet, 2003.

NASCIMENTO, W. A.; SILVA JÚNIOR, J. A. Proposta de sequência didática para o ensino da temática “recursos hídricos” na escola de ensino técnico do estado do Pará de Vigia de Nazaré. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2019, Fortaleza. *Anais [...]*. Fortaleza: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2019. p. 1-8. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2019/VII-066.pdf>. Acesso em: 24 out. 2024.

OLIVEIRA, A. S. *Os dilemas socioambientais no entorno do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros: Uma análise pela perspectiva crítica da Educação Ambiental*. 2016. 169 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

PEDRINI, A. G. Educação ambiental: trajetórias da educação ambiental. In: PEDRINI, Alexandre de Gusmão (org.). 8. ed. *Educação ambiental: reflexões e práticas contemporâneas*. Petrópolis: Vozes, 2011.

PELLISSARE, V. B.; FERNANDES, R. S.; SOUZA, V. J de. Uso da percepção ambiental como instrumento de gestão educacional e ambiental. In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2005, Campo Grande, MS. *Anais [...]*. Campo Grande, MS: Abes, 2005.

PORTO-GONÇALVES, C. W. *Os (des) caminhos do meio ambiente*. 11. ed. São Paulo: Contexto, 2004.

RAMOS, E. C. *A abordagem naturalista na educação ambiental: uma análise dos projetos ambientais em educação em Curitiba*. 2006. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2006.

- REIGOTA, M. *O que é educação ambiental*. São Paulo: Brasiliense, 2009.
- RIBEIRO, O. A.; LELACHER, D. C. Reuso domiciliar de água: uso de cartilha como ferramenta de sensibilização ambiental. *Educação Ambiental em Ação*, [s. l.], v. 17, n. 66, 2019. Disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=3498>. Acesso em: 24 out. 2024.
- SAUVÉ, L. Educação ambiental e desenvolvimento sustentável: uma análise complexa. *Revista de Educação Pública*, Cuiabá, v.10, p. 1-20, 2001.
- SAUVÉ, L. Educação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável: uma análise complexa. *Revista de Educação Pública*, Cuiabá, v. 10, p. 1-18, 1997.
- SAUVÉ, L. Educação ambiental: possibilidade e limitações. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 317-322, 2005a.
- SAUVÉ, L. Uma cartografia das correntes em educação ambiental. In: CARVALHO, Isabel Cristina Moura; SATO, Michèle (orgs.). *Educação ambiental: pesquisa e desafios*. Porto Alegre: Artmed, 2005b.
- SCOULLOS, M. Towards an environmental education for sustainable development. In United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO). Interregional Workshop on Re-orienting Environmental Education for Sustainable Development. *Technology & Environmental*, [s. l.], v. 20, n. 2, anexo 6, p. 1-10, 1995.
- TEIXEIRA, Cristina. Educação e desenvolvimento sustentável da agenda 21 brasileira. *Revista Ambiente & Educação*, Rio Grande, v. 11, p. 135-156, 2006.
- VASCO, A. P; ZAKRZEWSKI, S. B. B. O estado da arte das pesquisas sobre percepção ambiental no Brasil. *Revista Perspectiva*, Erechim, v. 34, n. 125, p. 17-28, 2010.
- VÉRAS, M. L. M.; OLIVEIRA, S. P. de; MELO, E. N. de; ALVES, L. de S.; COSTA, F. X. Quantificação de desperdício de água em bebedouros do campus IV da Universidade Estadual da Paraíba e a percepção ambiental da comunidade acadêmica. *Revista Terceiro Incluído*, Goiás, v. 4, n. 1, p.104-115, 2014.

The relativistic velocity of an electron submitted to an electric field

VELOCIDADE RELATIVÍSTICA DE UM ELÉTRON SUBMETIDO A CAMPO ELÉTRICO

VELOCIDAD RELATIVISTA DE UN ELECTRÓN SOMETIDO A UN CAMPO ELÉCTRICO

Pâmella R. A. M. P. Rodrigues Melo

Polytechnic and Arts School, Pontifical Catholic University of Goiás
pamellamelo@discente.ufg.br

Clóves Gonçalves Rodrigues

Polytechnic and Arts School, Pontifical Catholic University of Goiás
cloves@pucgoias.edu.br

Abstract

This study investigates the velocity of an electron subjected to a uniform and constant electric field, while accounting for a resistive force proportional to the electron's speed. To characterize the movement, Newton's equations from classical mechanics and the relativistic equations from relativistic mechanics were used. Using classical mechanics it is possible to obtain an analytical expression for velocity; however, this approach is not valid for high velocities. On the other hand, while relativistic mechanics is suitable for high velocities, it does not yield an analytical solution for speed. Consequently, in this case, the solution was obtained through numerical computation.

Keywords: relativistic velocity; velocity parameter; relativistic mechanics.

Resumo

Neste trabalho, determinamos a velocidade de um elétron submetido a um campo elétrico uniforme e constante, considerando uma força de resistência ao movimento proporcional à velocidade. Para caracterizar o movimento, foram utilizadas as equações de Newton da mecânica clássica e as equações da mecânica relativística. Desse modo, a utilização da mecânica clássica possibilita obter uma expressão analítica para a velocidade, embora esta não seja válida para altas velocidades, enquanto a mecânica relativística, aplicável a altas velocidades, não permite obter uma expressão analítica para a velocidade. Nesse caso, a solução foi obtida numericamente de forma computacional.

Palavras-chave: velocidade relativística; parâmetro de velocidade; mecânica relativística.

Resumen

En este trabajo, la velocidad de un electrón sometido a un campo eléctrico uniforme y constante se determina considerando una fuerza de resistencia al movimiento proporcional a la velocidad. Para caracterizar el movimiento se utilizaron las ecuaciones de Newton de la mecánica clásica y las ecuaciones relativistas de la mecánica relativista. Utilizando la mecánica clásica es posible obtener una expresión analítica para la velocidad, pero no es válida para altas velocidades; utilizando mecánica relativista válida para altas velocidades, no es posible obtener una expresión analítica para la velocidad, y en ese caso la solución se obtuvo numéricamente de forma computacional.

Palabras clave: velocidad relativista; parámetro de velocidad; mecánica relativista.

Introduction

In 1904, Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) discovered a transformation that preserved the form of Maxwell's equations, provided that the components of the field underwent suitable modifications (Resnick, 1968).

Although the Lorentz transformation provided a basis for the development of special relativity, the profound consequences of relativity were not discovered by Lorentz, who, at that time, still believed in the ether hypothesis and sought to reconcile his transformation into the ether framework of electromagnetism. The development of special relativity, as we understand it today, was ultimately advanced by Jules Henri Poincaré (1854-1912) and Albert Einstein (1879-1955) (Resnick, 1968).

In early 1899, Poincaré proposed that the laws of nature should remain consistent for two observers moving uniformly relative to one another. He called this the "Principle of Relativity". Poincaré also concluded that a new type of dynamics would need to be developed, one which would, among other characteristics, adhere to the principle that no speed could surpass the speed of light (Blokhintsev, 1966).

In 1905, Einstein published his article titled: "Electrodynamics of Moving Bodies" (Einstein, 1905), in which he developed the special theory of relativity based on two basic postulates: (i) the principle of relativity and (ii) the constancy of the speed of light. Einstein derived the transformations of various physical quantities when shifting from one frame of reference to another and demonstrated how Newton's laws of classical mechanics needed to be modified accordingly.

In this study we analyze the movement of an electron exposed to a constant and uniform electric field, simultaneously with the presence of a resistive force that is proportional to its velocity, considering the classical and relativistic cases.

The physical situation of the problem

At the moment, $t_0 = 0$, a constant (does not depend on time) and uniform (does not depend on position) electric field \vec{E} is applied to a stationary particle with charge q and mass m at rest, $\vec{v}_0 = 0$. Consequently, the particle experiences an electrical force as described by (Vanderlinde, 2004)

$$\vec{F}_e = q\vec{E}. \quad (1)$$

In addition to the force, we consider the existence of a resistance force \vec{f} that opposes the movement of the particle and is proportional to the velocity, that is

$$\vec{f} = -\alpha\vec{v}, \quad (2)$$

where α is a constant of proportionality. Thus, the net force \vec{F} acting on the particle is:

$$\vec{F} = \vec{F}_e + \vec{f}. \quad (3)$$

The electrically charged particle is an electron with charge $q = -e$ moving within an electric field directed negatively along the X axis, that is: $\vec{E} = -E\hat{i}$, Eq. (1) takes the form:

$$\vec{F}_e = q\vec{E} = (-e)(-E\hat{i}) = eE\hat{i}.$$

Substituting this last expression and Eq. (2) in Eq. (3):

$$\vec{F} = eE\hat{i} - \alpha v\hat{i}.$$

As the movement is one-dimensional, in the direction of the axis, the previous equation can be simplified as:

$$F = eE - \alpha v. \quad (4)$$

Eq. (4) will be discussed in the following sections considering both the classical (Section 3.1) and relativistic (Section 3.2) situations. The resulting force F in Eq. (4) for a particle of mass m can be expressed as:

$$F = \frac{d}{dt}p(t), \quad (5)$$

where $p(t)$ is the momentum of the particle. The classical form of the moment $p(t)$ will be treated in Section 3.1 and the relativistic form in Section 3.2.

Results and discussion

Classical formulation

Using the classical form of momentum for a particle:

$$p(t) = mv(t), \quad (6)$$

and substituting in Eq. (5) we have:

$$F = \frac{d}{dt}mv(t) = m \frac{dv(t)}{dt}. \quad (7)$$

Substituting Eq. (7) into Eq. (4) we have:

$$m \frac{dv}{dt} = eE - \alpha v. \quad (8)$$

Eq. (8) can be solved exactly as follows:

$$\begin{aligned} m dv &= (eE - \alpha v) dt \Rightarrow \frac{m dv}{eE - \alpha v} = dt \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{m dv}{\alpha v - eE} &= -dt \Rightarrow \frac{m dv}{eE \left(\frac{\alpha v}{eE} - 1 \right)} = -dt \Rightarrow \frac{dv}{\left(\frac{\alpha v}{eE} - 1 \right)} = -\frac{eE}{m} dt \end{aligned}$$

Defining $\Gamma = \alpha/eE$, we have:

$$\frac{dv}{(\Gamma v - 1)} = -\frac{eE}{m} dt \Rightarrow \int_0^v \frac{dv}{(\Gamma v - 1)} = -\int_0^t \frac{eE}{m} dt,$$

and using that (Gradshteyn; RYZHIK, 2007):

$$\int \frac{dx}{\Gamma x - 1} = \frac{\ln(\Gamma x - 1)}{\Gamma}$$

we have:

$$\begin{aligned} \frac{\ln(\Gamma v - 1)}{\Gamma} \Big|_0^v &= -\frac{eE}{m} t \Big|_0^t \Rightarrow \ln\left(\frac{\Gamma v - 1}{-1}\right) = -\frac{eE\Gamma}{m} t \Rightarrow \\ \Rightarrow \ln(1 - \Gamma v) &= -\frac{eE\Gamma}{m} t \Rightarrow 1 - \Gamma v = e^{-eE\Gamma t/m} \Rightarrow \\ &\Rightarrow 1 - e^{-eE\Gamma t/m} = \Gamma v. \end{aligned}$$

Remembering that $\Gamma = \alpha/eE$ and isolating , we obtain:

$$v(t) = \frac{eE}{\alpha} [1 - e^{-at/m}]. \quad (9)$$

Figure 1 shows the velocity as a function of time for an electron using Eq. (9). To obtain numerical results, the following values were used: $e = 1.60 \times 10^{-19}$ C, $m = 9,11 \times 10^{-31}$ kg, $\alpha = 10^{-15}$ kg/s and $E = 100$ kV/cm. This value of α is a typical value in order of magnitude in the study of carrier transport in semiconductors in an ohmic regime (Rodrigues; Vasconcellos; Luzzi, 2013), and the value of the electric field is common in experimental research involving semiconductors (Rodrigues; Vasconcellos; Luzzi, 2007). From Fig. 1 it can be seen that after a short transient state the velocity reaches a “terminal value”. This is a consequence of the fact that when t tending to infinity in Eq. (9) we have: $v_{\text{est}} = eE/\alpha$, where v_{est} is called the “steady-state velocity”. Thus, v_{est} is directly proportional to the intensity of the electric field E and inversely proportional to α , that is, the smaller α , the higher v_{est} .

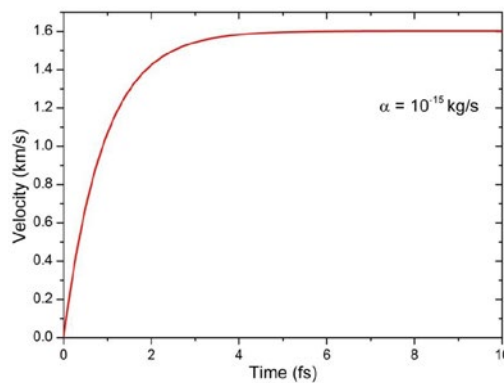


Figure 1. Electron velocity as a function of time. $E = 100$ kV/cm and $\alpha = 10^{-15}$ kg/s
Source: Graphic by Author.

Figure 2 shows the speed of electron as a function of time under the same conditions as Fig. 1, however, adopting $\alpha = 0.5 \times 10^{-20}$ kg/s (red line) and $\alpha = 0.4 \times 10^{-20}$ kg/s (green line). The dashed line in Fig. 2 indicates the value of the speed of light c . As explained in the previous paragraph, the value of α is decisive for the terminal value of the speed. Fig. 2 clearly shows that Eq. (9) cannot be used in this case, since at a certain instant $v(t)$ becomes greater than the velocity of light c . This extrapolation of

the speed of electron greater than c will be eliminated in the next section using relativistic equations. Therefore, the need to use the relativistic form is linked to the value adopted for α .

It is important to note that for the solution to Eq. (8) is simply:

$$v(t) = \frac{eE}{m} t, \tag{10}$$

that is, the velocity $v(t)$ increases infinitely with time t , as illustrated by the blue line in Fig. 2. This behavior is also eliminated using relativistic formalism.

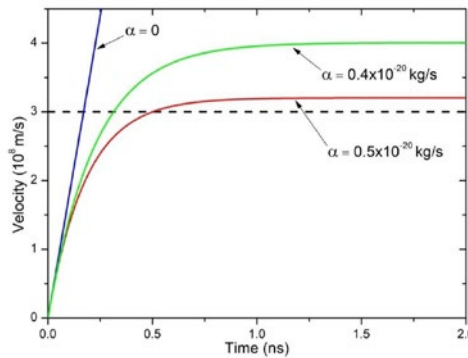


Figure 2. Electron speed as a function of time. $E = 100$ kV/cm and $\alpha = 10^{-21}$ kg/s
Source: Graphic by Author.

Relativistic formulation

The relativistic momentum is given by (Resnick, 1968):

$$p = \gamma m_0 v, \tag{11}$$

where m_0 is the rest mass of the particle and γ is the Lorentz factor (Resnick, 1968):

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \tag{12}$$

where c is the speed of light. So Eq. (11) becomes:

$$p = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} m_0 v = \frac{m_0 v}{\sqrt{v^2 \left(\frac{1}{v^2} - \frac{1}{c^2} \right)}} = \frac{m_0 v}{v \sqrt{\frac{1}{v^2} - \frac{1}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{\frac{1}{v^2} - \frac{1}{c^2}}} \\ p = m_0 \left(\frac{1}{v^2} - \frac{1}{c^2} \right)^{-1/2}. \tag{13}$$

To determine the relativistic force we substitute Eq. (12) in Eq. (5):

$$F = \frac{dp}{dt} = \frac{d}{dt} m_0 \left(\frac{1}{v^2} - \frac{1}{c^2} \right)^{-1/2} = -\frac{1}{2} \left(\frac{1}{v^2} - \frac{1}{c^2} \right)^{-3/2} (-2v^{-3}) \frac{dv}{dt} m_0$$

$$F = \frac{v^{-3}}{\left(\frac{1}{v^2} - \frac{1}{c^2} \right)^{3/2}} a m_0 = \frac{v^{-3} m_0 a}{\left[\frac{1}{v^2} \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right) \right]^{3/2}}$$

$$F = \frac{v^{-3} m_0 a}{\left[\frac{1}{v^3} (1 - \beta^2)^{3/2} \right]} = \frac{m_0 a}{\left[(1 - \beta^2)^{1/2} \right]^3} = \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \right]^3 m_0 a$$

and finally:

$$F = \gamma^3 m_0 \frac{dv(t)}{dt}. \quad (14)$$

This is not a new result, being present in standard textbooks on the topic. Substituting Eq. (14) into Eq. (4):

$$\gamma^3 m_0 \dot{v}(t) = qE - \alpha v(t), \quad (15)$$

where the dot over v indicates the derivative of v to concerning time. In Eq. (15) m_0 is the rest mass of the particle and the Lorentz factor γ can be written as:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad (16)$$

where β is the velocity parameter:

$$\beta = v/c. \quad (17)$$

An attempt to analytically solve Eq. (15) using expansions was made, without success, in Appendix A, resulting in:

$$\sqrt{6} \operatorname{ArcTanh}(\sqrt{3\beta/2}) + 2A \operatorname{Log}(A\beta - 1) - A \operatorname{Log}(3\beta^2 - 2) = \frac{F_e}{2m_0 c} t,$$

which is a transcendental equation in $\beta(t)$, that is, it is not possible to isolate the variable $\beta(t)$. Differential equation (15) can only be solved numerically. In this article we use Mathematica software (Wolfram [...], 2024). The code is in Appendix B.

After solving Eq. (15) computationally, Figure 3 shows the velocity parameter β as a function of time for an electron considering the same value of the electric field and α used in Figure 2. The dashed line indicates the limiting value for the particle's velocity, that is, $v(t)$ cannot be greater than the speed of light c . It is noted that with the introduction of the relativistic equations, the problem of extrapolation of the speed of light shown in Fig. 2 is then eliminated.

It is worth highlighting the particular situation for $\alpha = 0$, that is when there is no drag force. In the classical formulation, the speed of the particle, subjected to a finite force ($\vec{F}_e = q\vec{E}$), increases infinitely because its mass is constant. However, in the relativistic formulation, the mass of the particle is not a constant; it increases with the speed of the particle, causing an asymptote at the speed of light, already predicted without the drag force.

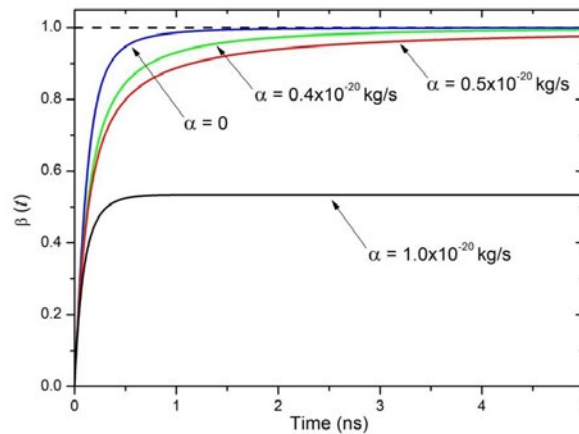


Figure 3. Velocity parameter β as a function of time. $E = 100$ kV/cm and several values of α .
Source: Graphic by Author.

Final considerations

Given by $\vec{F}_e = q\vec{E}$, a force \vec{f} acts as resistance to the electron movement, which is proportional to the speed: $\vec{f} = -\alpha\vec{v}(t)$, where α is the constant of proportionality. In classical mechanics, it is possible to derive an analytical expression for velocity. However, this classical expression fails to hold true for large values of particle velocity. Relativistic mechanics addresses this issue, but it does not yield an analytical formula for velocity. Instead, in the relativistic case, velocity must be determined using numerical methods through computational techniques.

The main objective of this work is to show the impossibility of determining an analytical expression for the speed of a particle subjected to a finite force and with a resistance force to movement proportional to the speed and we did not find experimental results that are directly related to this work. A possible continuation of this work could be the determination of the radiation emitted by the charged particle accelerated by the electric field, verifying the difference between the situation with and without a force of resistance to movement.

Appendix A

Taylor series expansion of the Lorentz factor in Eq. (15)

Let us try to analytically solve Eq. (15) by expanding the Lorentz factor in a Taylor series in the variable β . Using $v = c\beta$ and $\gamma = 1/\sqrt{1 - \beta^2}$, Eq. (15) takes the form:

$$\left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}\right)^3 m_0 c \frac{d\beta}{dt} = F_e - \alpha c \beta$$

$$\frac{1}{(1 - \beta^2)^{3/2}} m_0 c \frac{d\beta}{dt} = F_e - \alpha c \beta$$

Considering in this equation (Rodrigues; Vasconcellos; Luzzi, 2017):

$$(1 - \beta^2)^{3/2} \approx 1 - \frac{3}{2}\beta^2$$

we have:

$$\frac{m_0 c \frac{d\beta}{dt}}{1 - 3\beta^2/2} = F_e - \alpha c \beta$$

$$m_0 c \frac{d\beta}{dt} = \left(1 - \frac{3}{2}\beta^2\right) (F_e - \alpha c \beta)$$

$$m_0 c d\beta = F_e \left[1 - \frac{\alpha c}{F_e} \beta - \frac{3}{2}\beta^2 + \frac{3\alpha c}{2F_e} \beta^3\right] dt$$

$$\left[1 - \frac{\alpha c}{F_e} \beta - \frac{3}{2}\beta^2 + \frac{3\alpha c}{2F_e} \beta^3\right]^{-1} d\beta = \frac{F_e}{m_0 c} dt$$

$$\int_0^\beta \left[1 - \frac{\alpha c}{F_e} \beta - \frac{3}{2}\beta^2 + \frac{3\alpha c}{2F_e} \beta^3\right]^{-1} d\beta = \int_0^t \frac{F_e}{m_0 c} dt$$

Defining $A = 3\alpha c/2F_e$, the previous equation takes the form:

$$\int_0^\beta \left[1 - A\beta - \frac{3}{2}\beta^2 + \frac{3}{2}A\beta^3\right]^{-1} d\beta = \frac{F_e}{m_0 c} t$$

and solving the integral (GRADSHTEYN; RYZHIK, 2007), we have:

$$\sqrt{6} \operatorname{ArcTanh}(\sqrt{3\beta/2}) + 2A \operatorname{Log}(A\beta - 1) - A \operatorname{Log}(3\beta^2 - 2) = \frac{F_e}{2m_0 c} t$$

this being a transcendental equation in , that is, it is not possible to isolate the variable $\beta(t)$.

Appendix B

Code using Mathematica software

```
(*****)
(*Differential System Constants in the MKS System*)
(*resistance force proportional to velocity*)
(*Relativistic Form*)

field=1*10^7;
tf=5*10^-9;
m0=9.109*10^-31;
charge=1.602*10^-19;
c=299792458;
alfa=1*10^-21;
beta=v[t]/c;
```



```
gama=1/Sqrt[1-beta^2];  
Fe= charge*field;
```

```
sol=Evaluate[NDSolve[{  
gama^3*m0*v'[t]==Fe-alfa*v[t],v[0]==0},{v[t]},{t,0,tf}]
```

```
Plot[beta /. sol, {t,0,tf}]
```

```
Plot[v[t] /. sol, {t,0,tf}]
```

```
(*****)
```

References

BLOKHINTSEV, D. I. Basis for special relativity theory provided by experiments in high energy physics. *Sov. Phys. Usp.*, [u. p.], v. 9, n. 3, p. 405, 1966. DOI: 10.1070/PU1966v009n03ABEH002890.

EINSTEIN, A. Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Annalen der Physik*, [u. p.], v. 17, p. 891-921, 1905. DOI: <https://doi.org/10.1002/andp.19053221004>

GRADSHTEYN, I. S.; RYZHIK, I. M. *Table of Integrals, Series, and Products*. 7. ed. New York: Academic Press, 2007.

RESNICK, R. *Introduction to Special Relativity*. New York: John Wiley & Sons, 1968.

RODRIGUES, C. G. *Tópicos de Física Matemática para Licenciatura*. São Paulo: Editora LF; 2017.

RODRIGUES, C. G.; VASCONCELLOS, A. R.; LUZZI, R. Drifting electron excitation of acoustic phonons: Cerenkov-like effect in n-GaN. *Journal of Applied Physics*, [u. p.], v. 113, n. 11, p. 113-701, 2013. DOI: 10.1063/1.4795271.

RODRIGUES, C. G.; VASCONCELLOS, A. R.; LUZZI, R. Nonlinear hole transport and nonequilibrium thermodynamics in group III-nitrides under the influence of electric fields. *Journal of Applied Physics*, [u. p.], v. 102, n. 7, p. 73-714, 2007. DOI: 10.1063/1.2785976.

SHANKLAND, R. S. Michelson Morley experiment. *Am. J. Phys.*, [u. p.], v. 32, n. 1, p. 16, 1964. DOI: 10.1119/1.1970063.

VANDERLINDE, J. *Classical Electromagnetic Theory*. Amsterdam: Springer Netherlands, 2004.

WOLFRAM Mathematica. Wolfram, [s. l.], 2024. Available at: <https://www.wolfram.com/mathematica/>. Accessed on: 31 out. 2024.

On Approximations of Functions Preserving Symplectic Forms

SOBRE APROXIMAÇÕES DE FUNÇÕES PRESERVANDO FORMAS SIMPLÉTICAS

SOBRE APROXIMACIONES DE FUNCIONES QUE PRESERVAN FORMAS SIMPLÉCTICAS

Thiago Santos

Universidade Federal de Ouro Preto (Ufop)

santostf@ufop.edu.br

Resumo

O problema de aproximar um difeomorfismo (resp. fluxo) C^k preservador de volume ($k \geq 1$) em uma variedade compacta com ou sem fronteira por um difeomorfismo (resp. fluxo) foi originalmente motivado por considerações na teoria dos sistemas dinâmicos e proposto pela primeira vez por Palis e Pugh. Esse problema, apesar de sua aparente simplicidade para aqueles menos familiarizados com o assunto, esconde uma complexidade técnica e dificuldade extremamente sutis. O trabalho de Zehnder sobre técnicas de aproximação simplética oferece uma abordagem convincente para reexaminar os resultados fundamentais nessa área, conforme estabelecido por Palis e Pugh. Ao revisitar suas contribuições seminais por meio da perspectiva simplética de Zehnder, novas perspectivas podem surgir, avançando o estado da arte. Nesse contexto, revisaremos os resultados clássicos sobre aproximação e uma aproximação simplética, seguindo as ideias de Zehnder.

Palavras-chave: geometria simplética; aproximações de funções; sistemas dinâmicos.

Abstract

The problem of approximating a volume-preserving C^k diffeomorphism (resp. flow) ($k \geq 1$) on a compact manifold with or without boundary by a diffeomorphism (resp. flow) was originally motivated by considerations in dynamical systems theory and first posed by Palis and Pugh. This problem, despite its apparent simplicity for those less familiar with the subject, hides an extremely nuanced technical complexity and difficulty. Zehnder's work on symplectic approximation techniques provides a compelling avenue to re-examine the foundational results in this area as established by Palis and Pugh. Revisiting their seminal contributions through the lens of Zehnder's symplectic framework could yield novel insights and advance the state-of-the-art. With this in mind, we will revisit the classical results on approximation and a symplectic approximation following Zehnder's ideas.

Keywords: symplectic geometry; function approximations; dynamical systems.

Resumen

El problema de aproximar un difeomorfismo (resp. flujo) C^k preservador de volumen ($k \geq 1$) en una variedad compacta con o sin frontera mediante un difeomorfismo (resp. flujo) fue originalmente motivado por consideraciones en la teoría de sistemas dinámicos y planteado por primera vez por Palis y Pugh. Ese problema, a pesar de su aparente simplicidad para aquellos menos familiarizados con la materia, en realidad oculta una complejidad técnica y dificultad extremadamente sutil. El trabajo de Zehnder sobre técnicas de aproximación simplética ofrece una vía convincente para reexaminar los resultados fundamentales en esa área, tal como fueron establecidos por Palis y Pugh. Revisitar sus contribuciones seminales a través del marco simplético de Zehnder podría generar nuevas perspectivas y avanzar en el estado del arte. Con eso en mente, reexaminaremos los resultados clásicos sobre aproximación y una aproximación simplética siguiendo las ideas de Zehnder.

Palabras clave: geometría simplética; aproximaciones de funciones; sistemas dinámicos.

Introduction

Functions such as $\sin(x)$, e^x , $\log(x)$ belong to a class of functions called *analytic functions*, which means that around each point in their domain, there exists a power series representation of the form:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n (x - x_0)^n.$$

Writing $f_n(x) = a_0 + a_1(x - x_0) + \dots + a_n(x - x_0)^n$, we see that each f_n is a polynomial and $f(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} f_n(x)$ for all x in the interval of convergence of the series. It can also be shown that within each compact interval of convergence, the series converges uniformly to f .

A generalization of the above result was proved by K. Weierstrass in 1885. According to Weierstrass, any continuous function $f : [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$ can be uniformly approximated on its domain $[a, b]$ by a sequence of polynomials. Specifically, given a continuous f on $[a, b]$ and $\epsilon > 0$, there exists a polynomial p such that $|f(x) - p(x)| < \epsilon$ for all $x \in [a, b]$. Note that we are approximating f by infinitely differentiable functions, since polynomials are C^∞ . For a proof of Weierstrass' theorem, we recommend (Ransford, 1984).

In a more general context, we may ask whether a given continuous function $f : U \subseteq \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$, where U is an open set, can be approximated by smooth functions. This is indeed possible, as the following example demonstrates. Define $\eta \in C^\infty(\mathbb{R}^n)$ by

$$\eta(x) := \begin{cases} C \exp\left(\frac{1}{|x|^2 - 1}\right) & \text{if } |x| < 1 \\ 0 & \text{if } |x| \geq 1 \end{cases}$$

where C is chosen so that $\int_{\mathbb{R}^n} \eta \, dx = 1$. Now, for each $\epsilon > 0$ define

$$\eta_\epsilon(x) := \frac{1}{\epsilon^n} \eta\left(\frac{x}{\epsilon}\right).$$

It is straightforward to verify that the functions η_ϵ are smooth and satisfy $\int_{\mathbb{R}^n} \eta_\epsilon \, dx = 1$, $\text{supp } \eta_\epsilon \subseteq B(0; \epsilon)$. Defining $f^\epsilon(x) := \int_{\mathbb{R}^n} \eta_\epsilon(x - y) f(y) \, dy$, by a change of variables we can

write $f^\epsilon(x) = \int_{B(0; \epsilon)} \eta_\epsilon(y) f(x - y) \, dy$. For reasons that will be clear, f^ϵ is smooth and $f^\epsilon \xrightarrow{\epsilon \rightarrow 0} f$ uniformly on compact subsets of U .

In this paper, we focus on volume-preserving approximations, which the above method does not always achieve. We will explore this issue through the lens of Symplectic Geometry.

We define (M, σ) a *symplectic manifold* where M is a smooth manifold and σ is a closed and non-degenerate 2-form. A diffeomorphism $\phi : (M_1, \sigma_1) \rightarrow (M_2, \sigma_2)$.

A relationship between symplectic manifolds is described as follows: if $\phi^* \sigma_2 = \sigma_1$ in which ϕ^* denotes the pullback in differential geometry. For example, given $(p, q) = (p_1, \dots, p_n, q_1, \dots, q_n) \in \mathbb{R}^{2n}$

We can consider the 2-form

$$w_0(p, q) = \sum_{i=1}^n dp_i \wedge dq_i,$$

and with this form, (\mathbb{R}^{2n}, w_0) is a symplectic manifold. Despite being a very simple example, it is always what occurs, in local coordinates, in any symplectic manifold. This is a classical result of symplectic geometry demonstrated by Darboux. We will give a proof of this fact following the ideas of (Moser, 1965) and (Zehnder, 1977).

An elementary reason for choosing symplectic geometry to try to solve the problem of approximating functions while preserving volume is that the symplectic diffeomorphisms preserve symplectic volumes and, therefore it suffices to smooth out these diffeomorphisms. More precisely, if $\phi : (M_1, \sigma_1) \rightarrow (M_2, \sigma_2)$ is a diffeomorphism between symplectic manifolds such that $\phi^*\sigma_2 = \sigma_1$ then $(\sigma_1)^n$ and $(\sigma_2)^n$ are volume forms on M_1 and M_2 , respectively, and

$$\int_A (\sigma_1)^n = \int_{\phi(A)} (\sigma_2)^n,$$

for all Borel sets $A \subset M_1$.

This work is organized as follows. In section 2 we will discuss classical methods for function approximations. In section 3 we will revisit Zehnder's result following the original ideas (Zehnder, 1977). Finally, in section 4 we will see recent results about the problem of approximating a volume-preserving diffeomorphism.

Standard smoothness

Smoothness of functions is closely related to their density in specific functional spaces. For example, smooth functions are dense in the L^2 and L^1 spaces. This means that for any function within these spaces it is possible to approximate arbitrarily closely by smooth functions. One common approach to achieve this approximation is by convolving the function with a sequence of smooth functions with special properties. The resulting convolutions are smooth functions that converge to the original function in both the L^2 and L^1 norm. This result will be proved in detail in this section following the original ideas (Abraham; Marsden; Ratiu, 2012), which is already considered a classical result.

Theorem 2.1 (See Abraham; Marsden; Ratiu, 2012)). *Let M be a compact manifold. The subset $\mathcal{C}^\infty(M, \mathbb{R}^s)$ is dense in $\mathcal{C}^p(M, \mathbb{R}^s)$, $p \geq 1$.*

As established by (Abraham; Marsden; Ratiu, 2012), Theorem 2.1 demonstrates that smooth functions are dense in the space of p -integrable functions on a compact manifold M . This classical result forms the foundation for our study of structure-preserving function approximation using tools from symplectic geometry.

Unfortunately, method, does not guarantee that the approximating function preserves volume. However, all is not lost. In Section 3 we will explore how we can address this problem by using generating function techniques from the perspective of symplectic geometry.

Symplectic geometry offers a natural framework to address this issue. As pioneered by Moser in his seminal work (Moser, 1965), the key idea is that symplectic diffeomorphisms preserve symplectic volumes. Therefore, if we can approximate

our function using a symplectic isotopy, the volume will be preserved throughout the approximation.

In Section 3, we will examine Moser’s path method for creating symplectic isotopies. By smoothly deforming a given function through a family of generating functions, we can achieve smooth approximations that precisely preserve the geometric structures encoded by the symplectic form. This approach elegantly avoids the issues that can occur when naively using mollification or convolution methods.

I believe that exploring these symplectic techniques will yield new insights into structure- preserving function approximation problems. It is exciting to continue advancing this area, which lies at the intersection of analysis, geometry and physics. I look forward to presenting our findings in Section 3 and potentially encouraging further progress on this topic.

Symplectic smoothing

In this section, we will improve the main result obtained in the previous section. In addition to approximating functions with infinitely differentiable functions, we will also ensure that the volume is preserved . With this objective, our primary result will be presented in the following theorem.

Theorem 3.1 – (See (ZEHNDER, 1977)). *Let (M, σ) and (N, τ) be symplectic manifolds. The set of smooth symplectic diffeomorphisms of class C^∞ from M to N is dense in the space of symplectic diffeomorphisms of class C^k from M to N , for $k \geq 1$.*

To present the text in an interesting and clear order, we will first demonstrate the following lemma:

Lemma 3.2 – *Let $W \subset \mathbb{R}^{2n}$ be open. Consider the set $D^{k+1}(W) := \{S \in C^{k+1}(W) : \text{then } (\frac{\partial^2 S}{\partial x \partial \eta}(x, \eta)) \neq 0, \forall (x, \eta) \in W\}$, $k \geq 1$. If $S, S_1 \in D^{k+1}(W)$ and $\|S - S_1\|_{C^{k+1}(K_1)}$ then $\|E(S) - E(S_1)\|_{C^k(K_2)}$ where $K_1 \subset W$ and K_2 contained in the domain of $E(S)$ are compact sets.*

To prove this lemma, we will need to state and prove the next two propositions in sequence.

Proposition 3.3 – *Let $U, V \subset \mathbb{R}^{2n}$ be open sets and $K_1 \subset U$ and $K_2 \subset V$ compact sets. Denote by $Dif^k(U, V)$ the set of class C^k diffeomorphisms from U to V . For $k \geq 1$, if $f, g \in Dif^k(U, V)$ and $\|f - g\|_{C^k(K_1)}$ then $\|f^{-1} - g^{-1}\|_{C^k(K_2)}$.*

Proof. We will prove this by induction on k . Assume that $f, g : K_1 \rightarrow K_2$ are still diffeomorphisms. Begin with $k = 1$. Given $\epsilon > 0$, suppose that $\|f - g^{-1}\|_{C^1(K_1)} < \frac{\epsilon}{2}$, i.e. $|f(x) - g(x)| < \frac{\epsilon}{2}$ and $|Df(x) - Dg(x)| < \frac{\epsilon}{2}$ for all $x \in K_1$. Since $f|_{K_1}$ is uniformly continuous, given $x, y \in K_1$ with $|x - y| < \frac{\epsilon}{4}$, we can assume that

$$|f(x) - g(y)| \leq |f(x) - f(y)| + |f(y) - g(y)| < \frac{\epsilon}{2} + \frac{\epsilon}{2} = \epsilon$$

An analogous idea applies to the functions Df and Dg . Since f is a diffeomorphism, given an arbitrary $w \in K_2$ there exists $a_1 \in K_1$ such that $f(a_1) = w$. By the above, $f(a_1) \in g(B(a_1; \frac{\epsilon}{4}) \cap K_1) \subset B(w; \epsilon)$. Thus, there exists $a_2 \in B(a_1; \frac{\epsilon}{4}) \cap K_1$ such that $g(a_2) = w$. It follows that

$$|f^{-1}(w) - g^{-1}(w)| = |f^{-1}(f(a_1)) - g^{-1}(g(a_2))| = |a_1 - a_2| < \frac{\epsilon}{4} < \epsilon.$$

Since w is arbitrary, $|f^{-1}(w) - g^{-1}(w)| < \epsilon$ for all $w \in K_2$.

Noting that $f^{-1} \circ f = id$ and $g^{-1} \circ g = id$, we have $Df^{-1}(f(x)) = [Df(x)]^{-1}$ and $Dg^{-1}(g(x)) = [Dg(x)]^{-1}$ for all $x \in K_1$. Since the inversion of matrices with non-zero determinant is continuous, and $|Df(x) - Dg(y)| < \frac{\epsilon}{2}$, we can assume $|[Df(x)]^{-1} - [Dg(y)]^{-1}| < \epsilon$ for all $x, y \in K_1$. On the other hand, for each $w \in K_2$ there exist $a_1, a_2 \in K_1$ with $w = f(a_1) = g(a_2)$ and since $|[Df(a_1)]^{-1} - [Dg(a_2)]^{-1}| < \epsilon$. Therefore, we have proven that $\|f^{-1} - g^{-1}\|_{C^1(K_2)} < \epsilon$.

Now, assume that the proposition holds true for $k > 1$. Given $\epsilon > 0$, suppose that $\|f - g\|_{C^{k+1}(K_1)} < \frac{\epsilon}{2}$. Note that, for any point $x \in K_1$, $Df(x)$ and $Dg(x)$ are C^k diffeomorphisms. Since $\|Df(x) - Dg(x)\|_{C^k} < \frac{\epsilon}{2}$, for all $x \in K_1$, by the induction hypothesis, we can assume that $\|[Df(x)]^{-1} - [Dg(x)]^{-1}\|_{C^k} < \epsilon$. Since $Df^{-1}(f(x)) = [Df(x)]^{-1}$ and $Dg^{-1}(g(x)) = [Dg(x)]^{-1}$ for every $x \in K_1$, we have $\|Df^{-1}(f(x)) - Dg^{-1}(g(x))\|_{C^k} < \epsilon$. In particular, since f and g are diffeomorphisms, $\|Df^{-1}(y) - Dg^{-1}(y)\|_{C^k} < \epsilon$, for all $y \in K_2$. As we have seen in previous cases, we can assume that $|f^{-1}(y) - g^{-1}(y)| < \epsilon$ for all $y \in K_2$. Thus, $\|f^{-1} - g^{-1}\|_{C^{k+1}(K_2)} < \epsilon$.

Proposition 3.4 – Let $U, V, W \subset \mathbb{R}^{2n}$ be open sets. Then, for $k \geq 1$,

- a. Let $\Phi : V \rightarrow W$ be a C^k function, $K_1 \subset U$ and $K_2 \subset U$ and K_2 be compact sets, and $h_1, h_2 \in C^k(U, V)$. Given $\epsilon > 0$, there exists $\delta > 0$ such that if $\|h_1 - h_2\|_{C^k(K_1)} < \delta$, then $\|\Phi \circ h_1 - \Phi \circ h_2\|_{C^k(K_2)} < \epsilon$.
- b. Let $\Psi : U \rightarrow V$ be a C^k function, $K \subset U$ be a compact set, and $f_1, f_2 \in C^k(V, W)$. Given $\epsilon > 0$, there exists $\delta > 0$ such that if $\|f_1 - f_2\|_{C^k(\Psi(K))} < \delta$, then $\|f_1 \circ \Psi - f_2 \circ \Psi\|_{C^k(K)} < \epsilon$.
- c. Let $f_1, f_2 \in C^k(U, V)$ and $g_1, g_2 \in C^k(V, W)$. Given $\epsilon > 0$, there exists $\delta > 0$ such that if $\|f_1 - f_2\|_{C^k(K_1)} < \delta$ and $\|g_1 - g_2\|_{C^k(K_2)} < \delta$, then $\|g_1 \circ f_1 - g_2 \circ f_2\|_{C^k(K_1)} < \epsilon$, where $K_1 \subset U$ and $K_2 \subset V$ are compact sets.

Proof. We will individually present the demonstration for each item.

- a. Given $\epsilon > 0$, suppose that $\|h_1 - h_2\|_{C^k(K_1)} < \frac{\epsilon}{\|\Phi\|_{C^k(K_2)}}$, i.e. $|h_1(x) - h_2(x)| < \frac{\epsilon}{\|\Phi\|_{C^k(K_2)}}$ and $|D^j h_1(x) - D^j h_2(x)| < \frac{\epsilon}{\|\Phi\|_{C^k(K_2)}}$ is uniformly continuous, we can assume that $|\Phi \circ h_1(x) - \Phi \circ h_2(x)| < \epsilon$ for all $x \in K_1$. Moreover, for all $x \in K_1$ and $j = 1, \dots, k, |D^j(\Phi \circ (h_1(x) - h_2(x)))| \leq |D^j \Phi(h_1(x) - h_2(x))| \leq \|D^j \Phi(h_1(x) - h_2(x))\| \leq \|\Phi\|_{C^k(K_2)} \|h_1 - h_2\|_{C^k(K_1)} < \epsilon$,

Therefore, $\|\Phi \circ h_1 - \Phi \circ h_2\|_{C^k(K_1)} < \epsilon$.

b. Note that

$$\begin{aligned} |D^j(f_1(\Psi(x)) - f_2(\Psi(x)))| &\leq |D^j f_1(\Psi(x)) - D^j f_2(\Psi(x))| |D^j \Psi(x)| \\ &\leq \|f_1 - f_2\|_{C^k(\Psi(K))} \|\Psi\|_{C^k(K)} \end{aligned} \quad (1)$$

for all $x \in K$ and $j = 1, \dots, k$. We will verify the two possible cases.

Case 1. $\|\Psi\|_{C^k(K)} \leq 1$. In this case, suppose that $\|f_1 - f_2\|_{C^k(\Psi(K))} < \epsilon$. In particular, $|f_1(\Psi(x)) - f_2(\Psi(x))| < \epsilon$ for all $x \in K$. Moreover, by (1), $|D^j(f_1(\Psi(x)) - f_2(\Psi(x)))| < \epsilon$, for all $x \in K$ and $j = 1, \dots, k$. Therefore, $\|f_1 \circ \Psi - f_2 \circ \Psi\|_{C^k(K)} < \epsilon$.

Case 2. $\|\Psi\|_{C^k(K)} > 1$. For this case, suppose that $\|f_1 - f_2\|_{C^k(\Psi(K))} < \frac{\epsilon}{\|\Psi\|_{C^k(K)}}$. This implies that $|f_1(\Psi(x)) - f_2(\Psi(x))| < \frac{\epsilon}{\|\Psi\|_{C^k(K)}}$ for all $x \in K$. By (1), $|D^j(f_1(\Psi(x)) - f_2(\Psi(x)))| < \epsilon$, for all $x \in K$ and $j = 1, \dots, k$. Since $\frac{\epsilon}{\|\Psi\|_{C^k(K)}} < \epsilon$, $|f_1(\Psi(x)) - f_2(\Psi(x))| < \epsilon$ for all $x \in K$. Therefore $\|f_1 \circ \Psi - f_2 \circ \Psi\|_{C^k(K)} < \epsilon$.

c. Let $K_1 \subset U$ and $K_2 \subset V$ be compact sets and $\epsilon > 0$. By item (a), there exists $\delta_1 > 0$, such that if $\|f_1 - f_2\|_{C^k(K_1)} < \delta_1$ then $\|g_2 \circ f_1 - g_2 \circ f_2\|_{C^k(K_1)} < \frac{\epsilon}{2}$. By item (b), there exists $\delta_2 > 0$, such that if $\|g_1 - g_2\|_{C^k(K_2)} < \delta_2$ then $\|g_1 \circ f_1 - g_2 \circ f_1\|_{C^k(K_1)} < \frac{\epsilon}{2}$. Therefore, given $\epsilon > 0$, take $\delta = \max\{\delta_1, \delta_2\}$, and if $\|f_1 - f_2\|_{C^k(K_1)} < \delta$ and $\|g_1 - g_2\|_{C^k(K_2)} < \delta$ it implies that $\|g_1 \circ f_1 - g_2 \circ f_2\|_{C^k(K_1)} \leq \|g_1 \circ f_1 - g_2 \circ f_1\|_{C^k(K_1)} + \|g_2 \circ f_1 - g_2 \circ f_2\|_{C^k(K_1)} < \frac{\epsilon}{2} + \frac{\epsilon}{2} = \epsilon$.

In light of these results, we can easily proceed with the proof of the lemma that was left pending at the beginning of this section.

Proof of Lemma 3.2 – Let $S_1, S_2 \in D^{k+1}(W)$ and $K \subset W$ be compact. Given $\epsilon > 0$, choose $\delta > 0$ such that $\|S_1 - S_2\|_{C^{k+1}(K)} < \delta$. Take U as the codomain of the mapping $\sigma_1 : W \rightarrow U$ defined by

$$\sigma_1(x, \eta) = \left(x, \frac{\partial S_1}{\partial x}(x, \eta) \right).$$

We know that both the mapping σ_1 and $\sigma_2 : W \rightarrow V$ defined by $\sigma_2(x, \eta) = \left(\frac{\partial S_1}{\partial \eta}(x, \eta), \eta \right)$ are diffeomorphisms (see (Abraham; Marsden; Ratiu, 2012)). Similarly, for the mappings $\tau_1 : W \rightarrow U$ and $\tau_2 : W \rightarrow V$ defined by

$$\begin{aligned} \tau_1(x, \eta) &= \left(x, \frac{\partial S_2}{\partial x}(x, \eta) \right) \\ \tau_2(x, \eta) &= \left(\frac{\partial S_2}{\partial \eta}(x, \eta), \eta \right). \end{aligned}$$

Clearly, since S_1 and S_2 are C^k -close, $\|\sigma_1 - \tau_1\|_{C^k(K)} < \delta$ and $\|\sigma_2 - \tau_2\|_{C^k(K)} < \delta$. Hence, by Proposition 3.3, the functions σ_1^{-1} and τ_1^{-1} are C^k -close. Let $F_1 := E(S_1)$ and $F_2 := E(S_2)$. By (Abraham; Marsden; Ratiu, 2012), we can rewrite these functions as:

$$\begin{aligned} F_1 &= \sigma_2 \circ \sigma_1^{-1} \\ F_2 &= \tau_2 \circ \tau_1^{-1}. \end{aligned}$$

Therefore, by item (c) of Proposition 3.4, $\|F_1 - F_2\|_{C^k(K_1)} < \epsilon$, where $K_1 \subset U$ is compact.

Note that we can smooth out a symplectic diffeomorphism $F = E(S)$ through a standard smoothing of its generating function S . Indeed, let $F = E(S)$ be a C^k -symplectic diffeomorphism, $k \geq 1$, from $U \subset \mathbb{R}^n$ to $V \subset \mathbb{R}^n$, where U is simply connected and \bar{U} is compact, which is given by the generating function $S \in C^{k+1}(W)$ (See (Abraham; Marsden; Ratiu, 2012)). We can write $F = \sigma_2 \circ \sigma_1^{-1}$ where $\sigma_1 : W \rightarrow U$ and $\sigma_2 : W \rightarrow V$ are diffeomorphisms. We will choose open subsets $W_2, W_3 \subset W$ such that \bar{W}_3, \bar{W}_2 are compact and $\bar{W}_3 \subset \bar{W}_2$ and $\bar{W}_2 \subset W$ (we abbreviate this as $W_3 \Subset W_2 \Subset W$). To approximate S on W_3 by a C^∞ function, begin by choosing functions $\zeta \in C^\infty(W_2)$ with $\zeta \equiv 1$ on W_3 and $\gamma \in C^\infty(W)$ with $\gamma \equiv 1$ on W_2 . Given $\epsilon > 0$, there exists a function $X_\epsilon \in C^\infty(W)$ such that

$$\|\gamma \cdot [(\zeta \cdot S) - X_\epsilon * (\zeta \cdot S)]\|_{C^{k+1}(W)} < \epsilon.$$

Define $S_1 \in C^{k+1}(W)$ by

$$S_1 = S - \gamma \cdot [(\zeta \cdot S) - X_\epsilon * (\zeta \cdot S)].$$

It follows that $\|S - S_1\|_{C^{k+1}(W)} < \epsilon$. Furthermore, $S_1 = S$ on $W \setminus W_2$, since $\zeta \equiv 0$ outside W_2 , and $S_1 = X_\epsilon * S$ on W_3 , since $\gamma \equiv \zeta \equiv 1$ on W_3 . Therefore $S_1|_{W_3} \in C^\infty$. Now, for ϵ sufficiently small we choose $U_3 \Subset U_2 \Subset U$ such that $U_3 \subset \sigma_1(W_3)$ and $\sigma_1(W_2) \subset U_2$. Define

$$F_1 := E(S_1).$$

We can write $F_1 = \tau \circ \tau^{-1}$, where $\tau(x, \eta) = (x, \frac{\partial S_1}{\partial x}(x, \eta))$ and $\tau(x, \eta) = (\frac{\partial S_1}{\partial \eta}(x, \eta), \eta)$, is sufficiently small. In this case, the following properties hold:

(P1) $F_1|_U \in C^\infty(U_3)$, since τ_1 and τ_2 are C^∞ on W_3 .

(P2) As we can see in (Abraham; Marsden; Ratiu, 2012), F_1 is a symplectic diffeomorphism from U to $F(U)$.

(P3) $F_1 = F$ in $U \setminus U_2$, since $S = S_1$ in $W \setminus W_2$, which implies $\sigma_1 = \tau_1$ and $\sigma_2 = \tau_2$ in $W \setminus W_2$.

(P4) F_1 is of class C^p , $k \leq p \leq \infty$, in the open sets where F is of class C^p , because in these open sets the function S_1 defined above will be of class C^{p+1} , and since $F_1 = E(S_1)$, F_1 will be of class C^p .

(P5) By Lemma 3.2, $\|F_1 - F\|_{C^k(U)} < \delta(\epsilon)$, where $\delta(\epsilon) \rightarrow 0$ as $\epsilon \rightarrow 0$.

Now, we can proceed with the approximation while preserving the volume as announced at the beginning of the section.

Proof of Theorem 3.1 – Let $f \in C^k(M, N)$ be a symplectic diffeomorphism from M to N and Wf be a sufficiently small open neighborhood of f in the C^k topology. Choose a locally finite covering of M , consisting of symplectic charts (U_i, ϕ_i) , $1 \leq i \leq \infty$, with the following properties:

b. \overline{U}_i is compact;

b. $h(U_i) \subset V_i$ for all $h \in C^k(M, N) \cap W_f$, with (V_i, ϕ_i) , $1 \leq i \leq \infty$ being an atlas in N .

Additionally, take a covering $(U^{(3)})$, $1 \leq i \leq \infty$, of M , such that $U_i^{(3)} \Subset U_i^{(2)} \Subset U_i$ and in U_i every symplectomorphism in the neighborhood W_f is given by the local generating function of f as in (Abraham; Marsden; Ratiu, 2012), where the local construction is previously taken with respect to $\phi_i(U^{(3)}) \Subset \phi_i(U^{(2)}) \Subset \phi_i(U_i)$. Now, we will define a sequence of functions (f_n) such that $f_0 = f$ and $f_n|_{U_i^{(3)} \cup \dots \cup U_n^{(3)}}$ is C^∞ .

Based on properties of our cover, the local map $F_1 := \phi_1 \circ f \circ \phi_1^{-1} \in C^k(\phi_1(U_1), \phi_1(V_1))$ is a symplectomorphism from $\phi_1(U_1)$ to its image, which is given by $F_1 := E(S_1)$, where S_1 is the local generating function of F_1 . As we saw earlier, there exists a map G_1 such that

- $G_1 = F_1$ outside of $\phi_1(U^{(2)})$;
- $G_1|_{\phi_1(U^{(3)})}$ is of class C^∞ ;
- G_1 is C^p in the open sets where F_1 is C^p ;
- G_1 is a symplectomorphism;
- There exists $\delta_1 > 0$ such that $\|G_1 - F_1\|_{C^k(\phi_1(U_1))} < \delta_1$.

Let $f_0 = f$. Define the function f_1 as follows:

$$f_1(z) = \begin{cases} f_0(z), & z \in M \setminus \overline{U_1^{(2)}} \\ (\phi_1^{-1} \circ G_1 \circ \phi_1)(z), & z \in U_1 \end{cases}$$

Note that $f_1|_{U_1^{(3)}}$ is C^∞ and is of class C^p in the open sets where f_0 is C^p . Moreover, if δ_1 is chosen sufficiently small, then $f_1 \in C^k(M, N) \cap W_f$ and is a symplectomorphism.

Assume that, for $n \geq 2$, $f_{n-1} \in C^k(M, N) \cap W_f$ is defined and satisfies the following:

- a. f_{n-1} is a symplectomorphism;
- b. $f_{n-1}|_{U^{(3)}_1 \cup \dots \cup U^{(3)}_{n-1}}$ is C^∞ ;
- c. f_{n-1} is C^p in the open sets where f_{n-2} is C^p .

Therefore, for the symplectomorphism $F_n := \phi_n \circ f_{n-1} \circ \phi_n^{-1} \in C^k(\phi_n(U_n), \phi_n(V_n))$, there exists a function G_n such that

- $G_n = F_n$ outside of $\phi_n(U^{(2)})$;
- $G_n|_{\phi_n(U^{(3)})}$ is of class C^∞ ;
- G_n is C^p in the open sets where F_n is C^p ;
- G_n is a symplectomorphism;
- There exists $\delta_n > 0$ such that $\|G_n - F_n\|_{C^k(\phi_n(U_n))} < \delta_n$.

Thus, define

$$f_n(z) = \begin{cases} f_{n-1}(z), & z \in M \setminus \overline{U_n^{(2)}} \\ (\phi_n^{-1} \circ G_n \circ \phi_n)(z), & z \in U_n \end{cases}$$

If δ_n is chosen sufficiently small, then f_n is a symplectomorphism from M to N , which belongs to the neighborhood W_f of f , and $f_n|_{U^{(3)}_1 \cup \dots \cup U^{(3)}_{n-1} \cup U^{(3)}_n}$ is of class C^∞ .

Finally, define $g(z) := \lim_{n \rightarrow \infty} f_n(z)$. This limit is not difficult to compute since $n \rightarrow \infty$ the cover $(U^{(3)})$ is locally finite. With the appropriate choice of (δ_n) , we conclude that $g \in C^\infty(M, N) \cap W_f$ is a symplectomorphism from M to N and satisfies the desired properties.

Approximations C^1 and other results

The question of approximating a volume-preserving C^k ($k \geq 1$) diffeomorphism (or flow) on a compact manifold with or without boundary via a diffeomorphism (or flow) stems from dynamical systems theory and was proposed by Palis and Pugh (cf. (Palis; Pugh, 1975)). This issue, notwithstanding its facial simplicity for those less acquainted with the material, conceals an intricacy and finely-honed technical challenge.

So far, answers to this problem are partial, and the main question, when $k = 1$, remains open. Interest in studying this issue has solidified recently with the development of techniques in dynamical systems that generically apply to C^1 diffeomorphisms, and with the development of techniques in ergodic theory that apply to C^2 diffeomorphisms. A positive answer to such a question would lead us to interesting connections between dynamical systems and ergodic theory (see Arbieto-Matheus; Arbieto; Matheus, 2007), for an example of such connections). More recently, in (Avila; Crovisier; Wilkinson, 2021), the authors established a C^1 version of the stable ergodicity conjecture for partially hyperbolic volume-preserving diffeomorphisms. Their principal findings surmounted the limitations of the Pugh-Shub approach by introducing novel perturbation implements within the C^1 topology. These tools encompass the linearization of horseshoes and the generation of “superblenders” from hyperbolic sets exhibiting high entropy. It was proven that stable ergodicity is generic among non-uniformly Anosov diffeomorphisms. Furthermore, open questions and connections to other dynamical properties were discussed.

Therefore, in this section, we will present some partial results involving approximations of volume-preserving functions. Earlier, we discussed how Zehnder proved the case of symplectic diffeomorphisms on boundaryless surfaces. It is natural to inquire about potential extensions of such results. Let us now explore some of these extensions:

C^1, α Approximations

We will denote by $C^{k,\alpha}$, $k \leq 0$ and $0 < \alpha < 1$, the usual Hölder space and iff $f \in C^{k,\alpha}$ we define $\|f\|_\alpha := \sup_{x \neq y} \frac{|f(x) - f(y)|}{|x - y|^\alpha}$.

For $C^{1,\alpha}$ diffeomorphisms preserving volume we have a satisfactory answer given by Zehnder, namely

Theorem 4.1 – (Zehnder, 1977). *Let M be a compact C^∞ manifold of dimension d with a volume form μ . Let $f \in C^{1,\alpha}(M)$ be a volume-preserving diffeomorphism, $0 < \alpha \leq 1$. Then f can be approximated by a C^∞ volume-preserving diffeomorphism in the following sense. There exists a sequence (f_n) of C^∞ diffeomorphisms with $f_n^* \mu = \mu$, such that*

$$\|f_n - f\|_{C^1} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0 \tag{2}$$

$$\|f_n\|_\alpha \leq k, \tag{3}$$

with the constant $k > 0$ depending on $\|f\|_\alpha$, but independent of n . It is worth emphasizing that the proof of the above result uses Hodge Theory and completely differs from the symplectic case.

C1 Flows

Let M be an m -dimensional surface, $m \geq 2$, without boundary. We say that a vector field X is conservative if $\text{div } X = 0$ and we denote by $X \in X_m(M)$. An equivalent condition for a C^1 map f to preserve volume is that $|\det Df| \equiv 1$. A proof of this fact can be seen in (Viana; Oliveira, 2019).

Now, suppose that f^t is the flow associated to the C^1 vector field X . Liouville's formula expresses the Jacobian of f^t in terms of the divergence $\text{div } X$ of the vector field X :

$$\det Df^t(x) = \exp \left(\int_0^t \text{div } X(f^s(x)) ds \right) \tag{4}$$

We easily see that, by (4), if X is a conservative field then its flow preserves volume.

The result below proved by Zuppa, (Zuppa, 1979), (see also Arbieto-Matheus, (Arbieto; Matheus, 2007)), shows that C^1 flows can be approximated (in the sense of the C^1 topology) by C^∞ flows.

Theorem 4.2 (Zuppa, 1979). $X^\infty(M)$ is C^1 -dense in $X^1(M)$.

Approximations in Regions with Boundary

Regarding the issue of approximating diffeomorphisms in regions with boundaries of \mathbb{R}^n , we will see a stronger result of Moser's Theorem made by Dacorogna and Moser.

Consider $\Omega \subset \mathbb{R}^n$ an open, connected and bounded set and two volume forms τ, β

$$\tau = f(x) dx_1 \wedge \dots \wedge dx_n, \quad \beta = g(x) dx_1 \wedge \dots \wedge dx_n,$$

with $f, g > 0$.

We can show, under certain regularity conditions on Ω, f, g , that there exists a diffeomorphism $\phi : \Omega \rightarrow \Omega$ keeping the boundary condition fixed and such that

$$\phi^* \beta = \lambda \tau$$

where $\lambda = \int \beta / \int \tau$.

The result above is equivalent to

Theorem 4.3 – (Dacorogna; Moser, 1990). Let $k \geq 0$ be an integer and $0 < \alpha < 1$. Let $\Omega \subset \mathbb{R}^n$ be an open, bounded, connected set and with boundary $\partial\Omega$ of class $C^{k+3,\alpha}$. Let $f, g \in C^{k,\alpha}(\bar{\Omega})$, $f, g > 0$ in $\bar{\Omega}$. Then there exists a diffeomorphism ϕ with $\phi, \phi^{-1} \in C^{k+1,\alpha}(\bar{\Omega}; \mathbb{R}^n)$ satisfying

$$\begin{cases} g(\phi(x)) \det \nabla \phi(x) = \lambda f(x), & x \in \Omega \\ \phi(x) = x, & x \in \partial\Omega \end{cases} \tag{5}$$

For the proof of this theorem, see (DACOROGNA; MOSER, 1990).

It is interesting to note that the solution uses classical theory of Elliptic Partial Differential Equations, reducing the problem to finding a field that satisfies a problem of the type

$$\begin{cases} \text{div } Y(x) = h(x), & x \in \Omega \\ Y(x) = 0, & x \in \partial\omega \end{cases} \tag{6}$$

where h is a suitably chosen C^α function.

A natural attempt to solve such a problem is to try to find a solution of the type $\operatorname{div} Y = \nabla u$, which transforms equation (6) into the equation involving the Laplacian operator

$$\begin{cases} \Delta u = h(x), & x \in \omega \\ \nabla u(x) = 0, & x \in \partial\Omega \end{cases} \quad (7)$$

With traditional methods (Schauder estimates), the existence and regularity of solutions to equation (7) is proven. When trying to treat the case $\alpha = 0$ with these methods, we encounter equation (6) with the function h only continuous. In this case, we encounter the following negative result due to McMullen:

Theorem 4.4 (McMullen, 1998). *For any $n > 1$ there exists a function $f \in L^\infty(\mathbb{R}^n)$ which is not the divergence of any Lipschitz vector field.*

See the proof of this theorem in (McMullen, 1998). Based on this theorem, Bourgain and Brezis in (Bourgain; Brezis, 2002) obtained very interesting negative results in the study of equation 6, when h is only a continuous function.

Final considerations

This article aimed to provide a review of the main results surrounding the conjecture proposed in 1975 by Palis and Pugh (see Palis; Pugh, 1975), including the detailed proof by Zehnder (see (Zehnder, 1977)). A section was dedicated to reporting the partial results since then, leading up to the recent 2021 result by Avila *et al.* (see Avila; Crovisier; Wilkinson, 2021), where they established a C^1 version of the stable ergodicity conjecture for partially hyperbolic volume-preserving diffeomorphisms. The authors' principal findings have overcome the limitations of the Pugh-Shub approach by introducing innovative perturbation techniques within the C^1 topology. These tools encompass the linearization of horseshoes and the generation of "superblenders" from hyperbolic sets exhibiting high entropy. It has been proven that stable ergodicity is a prevalent property among non-uniformly Anosov diffeomorphisms. Furthermore, the article discussed open questions and explored connections to other dynamical properties.

References

- ABRAHAM, R.; MARSDEN, J.; RATIU, T. *Manifolds, Tensor Analysis, and Applications*. [u. p.]: Springer New York, 2012. (Applied Mathematical Sciences). ISBN 9781461210290.
- ARBIETO, A.; MATHEUS, C. A pasting lemma and some applications for conservative systems. *Ergodic Theory and Dynamical Systems*, [u.p.], v. 27, n. 5, p. 1399-1417, 2007.
- AVILA, A.; CROVISIER, S.; WILKINSON, A. C^1 density of stable ergodicity. *Advances in Mathematics*, [s. l.], v. 379, p. 107496, 2021. ISSN 0001-8708.
- BOURGAIN, J.; BREZIS, H. On the equation $\operatorname{div} y = f$ and application to control of phases. *Journal of the American Mathematical Society*, [u.p.], p. 393-426, 2002.

DACOROGNA, B.; MOSER, J. On a partial differential equation involving the jacobian determinant. *Ann. Inst. Poincaré (A)*, [s. l.], v. 7, p. 1-26, 1990.

MCMULLEN, C. Lipschitz maps and nets in euclidean space. *Geometric and Functional Analysis*, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 304-314, 1998.

MOSER, J. On the volume elements on a manifold. *Transactions of the American Mathematical Society*, [s. l.], v. 120, p. 286-294, 1965.

PALIS, J.; PUGH, C. *Fifty Problems in Dynamical Systems*. [S. l.]: Springer, v. 468, 1975. (Lecture Notes in Mathematics, v. 468).

RANSFORD, T. A short elementary proof of the bishop–stone–weierstrass theorem. *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, [u.p.], v. 96, p. 309-311, 1984.

VIANA, M.; OLIVEIRA, K. *Fundamentos da Teoria Ergódica*. [S. l.]: Sociedade Brasileira de Matemática (SBM), 2019.

ZEHNDER, E. Note on smoothing symplectic and volume preserving diffeomorphisms. In: PALIS, J.; CARMO, M. do (Ed.). *Geometry and Topology*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1977. p. 828-854. ISBN 978-3-540-37301-8.

ZUPPA, C. Regularisation C^∞ des champs vectoriels qui préservent l'élément de volume. *Boletim da Sociedade Brasileira de Matemática*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 51-56, 1979.

Application of sugarcane bagasse ash in mortars: systematic literature review

APLICAÇÃO DA CINZA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM ARGAMASSAS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

APLICACIÓN DE CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN MORTEROS: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Raysa Moniza Silva Américo

Instituto Federal de Goiás (IFG)/Câmpus Jataí
raymoniza@gmail.com

Francielle Coelho dos Santos

Instituto Federal de Goiás (IFG)/Câmpus Jataí
francielle.santos@ifg.edu.br

Abstract

To reduce the environmental impacts of civil construction and agro-industry, the sustainable development of construction materials through the reuse of sugarcane bagasse ash (SCBA) is a topic of scientific evaluation. This research aims to conduct a systematic literature review on the use of SCBA in mortars, a material thoroughly used in various stages of a building. Its method was guided by three evaluation phases: bibliometric research, scientometric analysis and systematic analysis, and it was possible to weigh up the main themes addressed by the scientific community on the topic in 75 publications: the verification of the pozzolanic activity, the SCBA performance as an alkali-activated material, and the evaluation of the behavior of general mortar properties with the partial substitution of Portland cement or fine aggregate for SCBA. To direct future works, in the publications of the period studied, in general, the authors used the cement replacement range of 10% to 20% for SCBA to guarantee the equivalence of compressive strength in mortars. In addition, they showed improvements in their durability thanks to the filler effect given by the ash, demonstrating the potential of using this residue sustainably, even indicating the possibility of reducing CO₂ emissions by reducing the production of Portland cement.

Keywords: ash; bagasse; sugarcane; mortar.

Resumo

A fim de reduzir os impactos ambientais causados pela construção civil e pela agroindústria, o desenvolvimento sustentável de materiais de construção por meio da reutilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBCA) torna-se um importante tópico de avaliação científica. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a utilização da CBCA em argamassas, materiais amplamente utilizados em diversas etapas de uma edificação. O método adotado foi estruturado em três fases de avaliação: pesquisa bibliométrica, análise cientométrica e análise sistemática, permitindo o exame de 75 publicações que indicam que os principais temas abordados na comunidade científica sobre o tópico incluem a verificação da atividade pozzolânica, o desempenho da CBCA como material álcali-ativado e a avaliação do comportamento das propriedades gerais das argamassas com a substituição parcial de cimento Portland ou agregado fino por CBCA. Observou-se que, em geral, direcionar os próximos estudos para a faixa de substituição de cimento de 10% a 20% por CBCA assegura a equivalência de resistência à compressão em argamassas, além de demonstrar melhorias em sua durabilidade em virtude do efeito filler proporcionado pela cinza. Isso evidencia o

potencial de utilização desse resíduo de maneira sustentável e sugere até mesmo a possibilidade de reduzir a emissão de CO₂ pela diminuição da produção de cimento Portland.

Palavras-chave: cinza; bagaço; cana-de-açúcar; argamassa.

Resumen

Con el fin de reducir los impactos ambientales de la construcción civil y la agroindustria, el desarrollo sostenible de materiales de construcción mediante la reutilización de las cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) se convierte en un importante tema de evaluación científica. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación consiste en llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura sobre la utilización de la CBCA en morteros, materiales ampliamente utilizados en diversas etapas de una edificación. Su método es guiado por tres fases de evaluación: investigación bibliométrica, análisis cuantitativo y análisis sistemático, y fue posible ponderar en 75 publicaciones que los principales temas abordados en la comunidad científica sobre el tema son: la verificación de la actividad puzolánica, el desempeño del CBCA como material álcali-activado y la evaluación del comportamiento de las propiedades generales de los morteros con la sustitución parcial del cemento Portland o del agregado fino por CBCA. Se encontró que en general, para orientar futuros trabajos, en el rango de sustitución de cemento en un 10% a 20% por CBCA, se garantiza la equivalencia de resistencia a la compresión en morteros, además de mostrar mejoras en su durabilidad gracias al efecto filler proporcionado por la ceniza, demostrando el potencial de utilización de ese residuo de forma sostenible, indicando incluso la posibilidad de reducir la emisión de CO₂ mediante la disminución de la producción de cemento Portland.

Palabras clave: ceniza; bagazo; caña de azúcar; mortero.

Introduction

In times of concern for environmental preservation and sustainability, the large volume of waste generated by agro-industrial production draws attention because it constitutes potential markets to be explored, either as alternative sources or by-products, to minimize the impacts caused by the wrong disposal of such waste. In Brazil, the sugar and alcohol industry stands out due to its strong presence nationwide and government incentives for energy production from renewable sources. Alcarde (2015) highlights the main residues produced by the sugar and alcohol industry: bagasse and its ash, straw, filter cake, vinasse, and wastewater from sugarcane washing, all reusable. Because it depends directly or indirectly on the environment in which it operates, the productive sector of agribusiness benefits from the search for applications and adding value to the waste it generates.

According to the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). Brazil's average sugarcane productivity in 2019 was 74.68 tons per hectare. In the municipality of Jataí, approximately 25,000 hectares were allocated for sugarcane cultivation, resulting in a total production of 3,000,000 tons and an impressive yield of 120 tons per hectare (IBGE, 2020). A substantial portion of this productivity can be attributed to Raízen, which positions itself as the leading producer of sugarcane ethanol in the nation and is committed to sustainable development.

According to Pinheiro (2015), after arriving at the industrial unit, the sugarcane goes through the juice extraction process to start the formation of sugar and ethanol. The juice is separated, and the plant needs to deal with an abundant amount of sugarcane bagasse, which, according to the author, is the main agroindustrial waste produced. Bagasse is burned in cogeneration boilers, defined as "the combined production of thermal and

potential energy, mechanical or electrical, with the use of energy released by the same primary source of fuel, whatever the thermodynamic cycle” (Savastano, 2000).

In this context, ash is a by-product resulting from the combustion of sugarcane bagasse after its juice has been fully extracted. In the production of ethanol and sugar, energy generation in plants or distilleries involves burning sugarcane bagasse. As a result, ash is the largest type of residue produced (Oliveira; Barros, 2017). During the process of using biomass in steam production and energy cogeneration, residual ash from sugarcane bagasse is formed, typically without control over the burning conditions. According to Cordeiro (2006), higher temperatures and longer exposure times during combustion lead to better control over the burning process, resulting in a greater the release of carbon, which can cause variations in the color of the ash. Despite the sustainability achieved through energy production from bagasse combustion, the resulting ash from this process often lacks proper disposal methods.

The carbon content in ash, along with the temperature and burning time of sugarcane bagasse, influences the formation of various silica phases, which can be either amorphous or crystalline. According to Cordeiro (2006), ash that containing silicon dioxide (SiO_2) in an amorphous structure possesses chemical and physical properties that can enhance pozzolanic activity.

Recent studies have demonstrated that pozzolanic activities are present in sugarcane bagasse ash (SCBA) when it is burned at high temperatures and under specific conditions, as noted by Joshaghani and Moeini (2018). In their research, the authors demonstrate that using ash as a partial replacement for cement improves the workability of mortars. Additionally, they found that these mortars achieve compressive strength parameters comparable to those of the control mortar that does not include ash as a partial cement replacement.

Among the various cementitious materials, mortars are usually applied in laying blocks, constructing walls, creating subfloors, and installing ceramic tiles. Mortars are primarily characterized by their adhesion and hardening properties. They are produced by thoroughly mixing one or more binders, fine aggregate (such as sand), and water, and may also contain additives and mineral supplements (Carasek, 2010). This research focuses on one specific application of mortar: its performance when incorporating sugarcane bagasse (SCBA) collected directly from the boilers of a sugar and alcohol plant.

Thus, throughBy conducting a systematic literature review that focuses on the key findings regarding the use of Sugarcane Bagasse Ash (SCBA) in mortars, it will be possible to analyze the main research topics on the application of SCBA in mortars. Additionally, this review will help identify current research gaps concerning the use of SCBA in mortars and provide guidance for future research into the use of SCBA in civil construction.

Methodology

This study was conducted through a systematic literature review to map the existing knowledge on the topic at hand, with the goal of identifying research instances subsequently guiding future studies in the field (Yin *et al.*, 2019). Figure 1 illustrates the workflow of this study. The research methodology was structured around three evaluation phases: bibliometric research, scientometric analysis, and systematic analysis.

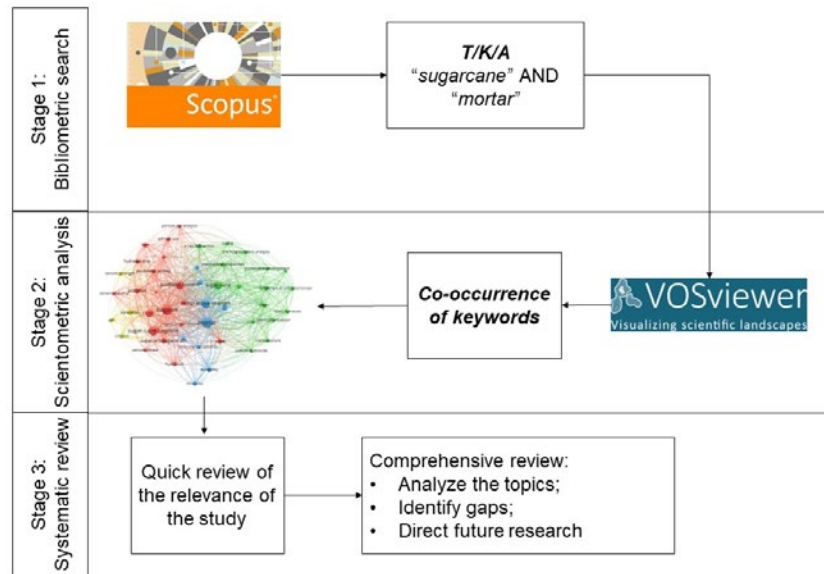


Figure 1. SCBA review workflow for use in mortars

Source: Own Author.

The initial step involves selecting an appropriate literature database. For this study, the authors chose Elsevier Scopus, as it is considered the best option for research topics in engineering. Scopus offers more recent publications and faster indexing compared to other database (Hosseini *et al.*, 2018; Mongeon; Paul-Hus, 2016; Yin *et al.*, 2019). The keywords used in the Scopus search were “sugarcane” and “mortar”, aiming to gather relevant works that addressed the use of sugarcane bagasse ash (SCBA) in mortars.

The VOSviewer is a text mining tool used for scientometric analysis, designed to generate the visualization maps in the research domain of SCBA in mortars. The maps produced by VOSViewer take into account the distance between nodes, which reflect the thematic proximity among them (Oraee *et al.*, 2017). The VOSViewer received the data downloaded from Scopus to create a network of keywords, enabling a bibliometric analysis process through a network of co-occurrences that illustrates the relationship among publications. The software also focuses on identifying in which spheres the studies are following and their main points, in which it can facilitate qualitative discussions and research approaches by defined categories (Park; Nagy, 2018). Terms with at least 20 occurrences in the title, abstract, and keywords are extracted from the selected works and filtered using the VOSViewer software to obtain the most meaningful terms.

For the systematic analysis, they used the groupings found in VOSviewer with the keywords based on co-occurrences. The words are clustered according to frequency which they appear together in the same document. Each defined group is referred to as a cluster, reflecting a specific theme and approach related to the proposition under study (Park; Nagy, 2018). From the clusters, the software produces a co-occurrence map, illustrating the main terms found and the relationship among them, analyzing a range of publications in an automated way, in a way that allows the presentation results in a systematized manner. The relevant studies were identified by reviewing the titles and abstracts of the articles, focusing on their themes and results, in order to explore more effective methodologies for the application of SCBA in mortars.

Results

Bibliometric analysis

In this stage, all works published on the researched topic were considered. A total of 75 papers were identified, which included journal articles, conference proceedings, review, and book chapter. It is also possible to observe that the number of studies in this area has increased in recent years (Figure 2).

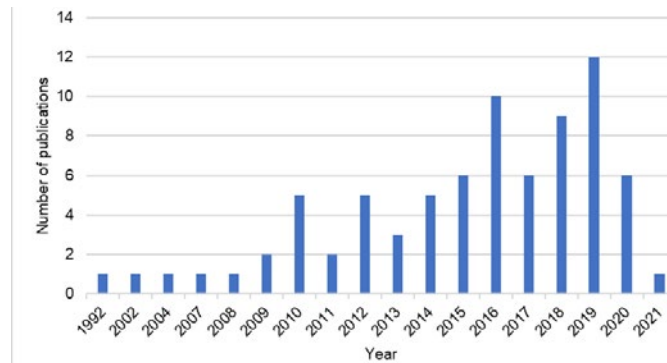


Figure 2. Annual publications

Source: Own Author.

Scientometric analysis – keyword network

The initial bibliographic research revealed several studies involving the use of SCBA in mortars. This diversity was illustrated through a bibliometric map of keywords obtained by the text-mining software VOSViewer. Figure 3 illustrates the clustering of 774 terms obtained by co-occurrences of keywords from the 75 publications analyzed up until October 2020.

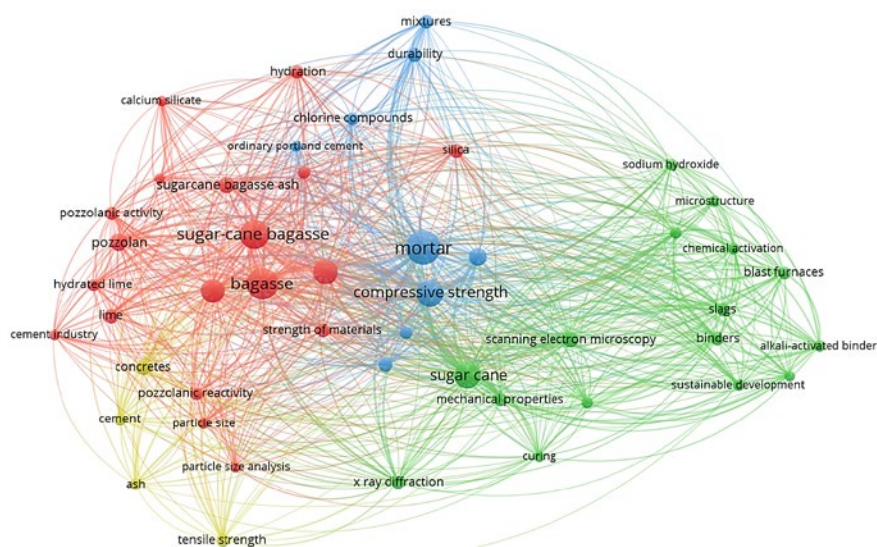


Figure 3. Bibliometric map of Keywords

Source: Own Author.

In this scientific panorama obtained, four clusters were identified, each represented by distinct colors. These colors correspond to various lines of research focused on

the application or partial replacement of SCBA in cement mixtures. The initial classification of the reviewed works from the Elsevier Scopus system was conducted by reading the abstracts. At this stage, 12 publications were excluded due to their lack of relevance to the topic at hand, and thus were not included in the development of this research. Table 1 presents a summary of each cluster along with their respective main themes, which were defined through a manual examination of the associated keywords and their, co-occurrences frequency.

Cluster color	Research topic	Main keywords observed	Number of keywords	Quantitative of publications
Red	pozzolanic activity	<i>Sugarcane bagasse ash, pozzolanic activity, silica, particle size, agricultural wastes</i>	19	21
Green	Alkali-activated binders	<i>Sugarcane, mechanical properties, alkali-activated binders, sustainable development, curing</i>	16	8
Blue	Mechanical properties in mortars	<i>Mortar, compressive strength, sugarcane bagasse ash, partial replacement, durability</i>	9	22
Yellow	Use in concrete	<i>Ash, cement, concretes, tensile strength</i>	4	12

Table 1 - Scientific perspective of publications

Source: Own Author.

Systematic analysis

The red cluster explored the theme of investigating the pozzolanic activity of SCBA (Table 2). Its methods include forms to identify how ash responds to different forms of treatment in terms of pozzolanicity to obtain the best properties for its use as a pozzolan in partial replacement of Portland cement in mortars. Overall, the authors demonstrate the significance of particle size and fineness in enhancing pozzolanic activity. In addition, they also highlight the improvements observed in the physical-chemical characteristics of the tested mortars and how they obtain equivalences or mechanical advantages of resistance and durability and the possibility of environmental advantages in the reduction of CO₂ emissions by reducing the amount of cement used and consequently produced (Cordeiro; Toledo Filho; Almeida, 2011; Jagadesh; Ramachandra Murthy; Murugesan, 2020; Maldonado-García *et al.*, 2018; Torres *et al.*, 2020).

Author (year)	Title
Torres <i>et al.</i> (2020)	Evaluating the pozzolanic activity of sugarcane bagasse ash using X-ray diffraction
Jagadesh, Ramachandra Murthy and Murugesan (2020)	Impact of processed sugar cane bagasse ash on mechanical and fracture properties of blended mortar
Braz <i>et al.</i> (2019)	The impact of Aluminum Recycling Waste Addition on the Pozzolanic Activity of Sugarcane Bagasse Ash and Zeolite
Cordeiro, Andreão and Tavares (2019)	Pozzolanic properties of ultrafine sugarcane bagasse ash produced through controlled burning
Pereira <i>et al.</i> (2018)	Valorisation of sugarcane bagasse ash (SCBA) with high quartz content as a pozzolanic material in Portland cement mixtures
Frías <i>et al.</i> (2017)	Advances on the development of ternary cements elaborated with biomass ashes from different activation processes.
Arif, Clark and Lake (2016)	Sugarcane bagasse ash from a high-efficiency co-generation boiler: Applications in cement and mortar production

Rodríguez et al. (2016)	Research on the Pozzolanic effect of sugarcane bagasse ash from Taretan, Michoacán, Mexico, on a portland cement mortar
Bonilla et al. (2016)	Study of pozzolanic properties of two sugarcane bagasse ash samples from Honduras
Embong et al. (2016)	Effectiveness of low-concentration acid and solar drying as pre-treatment features for producing pozzolanic sugarcane bagasse ash
Moraes et al. (2015)	Assessment of sugar cane straw ash (SCSA) as pozzolanic material in blended Portland cement: Microstructural characterization of pastes and mechanical strength of mortars
Rodrigues et al. (2015)	Biomass ashes as supplementary cement materials and their effects on the structure and properties of mortars and concretes
Thorstensen (2015)	Processing of sugar cane bagasse for making it Pozzolanic
Ribeiro and Morelli (2014)	Effect of calcination temperature on the pozzolanic activity of Brazilian sugar cane bagasse ash (SCBA)
Chi (2012)	Effects of sugar cane bagasse ash as a cement replacement on properties of mortars
Bentz, Durán-Herrera and Galvez-Moreno (2012)	Comparison of ASTM C311 strength activity index testing versus testing based on constant volumetric proportions
Cordeiro, Toledo Filho and Almeida (2011)	Influence of ultrafine wet grinding on pozzolanic activity of submicrometre sugar cane bagasse ash
Guzmán et al. (2011)	Pozzolanic evaluation of the sugar cane leaf
Cordeiro et al. (2008)	Pozzolanic activity and filler effect of sugar cane bagasse ash in Portland cement and lime mortars
Frías, Villar-Cociña and Valencia-Morales (2007)	Characterisation of sugar cane straw waste as pozzolanic material for construction: Calcining temperature and kinetic parameters
Mehrotra and Masood (1992)	Pozzolanic behaviour of bagasse ash: A derivative of sugar cane distillation, bagasse ash, has properties that might be suitable for use in building materials

Table 2 - Publications included in the red cluster: pozzolanic activity

Source: Own Author.

The green cluster has identified an approach of methods and solutions to eliminate the use of cement as a binder in mortars, replacing cement entirely with different proportions of blast furnace slag (BFS) and SCBA, known as alkali-activated binders. Through the chemical composition of the ash, the authors evaluated physical assessments of its particles and its different alkaline activating solutions in composition and proportion; They investigated how these substitutions influenced the properties of the mortars. Satisfactory results of development or equivalence of strength, reduced shrinkage, and improved durability when compared to common Portland cement mortars and mortars using only BFS as a binder, indicating one more use for these residues. Table 3 displays the papers included in this cluster.

Author (year)	Title
Akbar et al. (2021)	Sugarcane bagasse ash-based engineered geopolymer mortar incorporating propylene fibers
Moraes et al. (2018)	Optimum use of sugar cane straw ash in Alkali-activated binders based on blast furnace slag
Kazmi et al. (2017)	Pozzolanic reaction of sugarcane bagasse ash and its role in controlling alkali silica reaction
Moraes et al. (2017)	Effect of sugar cane straw ash (SCSA) as solid precursor and the alkaline activator composition on alkali-activated binders based on blast furnace slag (BFS)
Moraes et al. (2016)	Possibilities of reusing sugar cane straw ash in the production of alternative binders

Pereira et al. (2015)	Mechanical and durability properties of alkali-activated mortar based on sugarcane bagasse ash and blast furnace slag
Castaldelli et al. (2014)	Preliminary studies on the use of sugar cane bagasse ash (SCBA) in the manufacture of alkali activated binders
Castaldelli et al. (2013)	Use of slag/sugar cane bagasse ash (SCBA) blends in the production of alkali-activated materials

Table 3 - Publications included in the green cluster: alkali-activated binders

Source: Own Author.

In the blue cluster, there was a greater diversity of themes that sought to evaluate the properties of the mortars obtained with the use of SCBA, whether in partial replacement of cement or even as a fine aggregate. Table 4 shows the classification of 22 titles. There were works focused on evaluating the effects caused by the presence of ash in only one characteristic, such as porosity by Moretti *et al.* (2018), durability by Jiménez-Quero, Ortiz-Guzmán and Montes-García (2019), and hydration by Moura *et al.* (2019) or even with a broader look at the various properties of mortars as in Maldonado-García *et al.* (2018), Kusbiantoro, Embong and Aziz (2018), Macedo *et al.* (2014) among others. The majority of studies within this cluster reported positive outcomes regarding the incorporation of SCBA in mortars, based on the evaluated physical-chemical attributes.

Author (year)	Title
Balapour, Zhao and Joshaghani (2020)	Empirical correlation between mortars mechanical and durability tests with different cementitious materials replacements
Praveenkumar, Sankarasubramanian and Sindhu (2020)	Selecting Optimized Mix Proportion of Bagasse Ash Blended Cement Mortar Using Analytic Hierarchy Process (AHP)
Moura et al. (2019)	The influence of calcium-rich environments in siliceous industrial residues on the hydration reaction of cementitious mixtures
Jiménez-Quero, Ortiz-Guzmán and Montes-García (2019)	Durability of mortars containing sugarcane bagasse ash
Jagadesh et al. (2019)	Adaptability of Sugar Cane Bagasse Ash in Mortar
Maldonado-García et al. (2019)	Long-term corrosion risk of thin cement composites containing untreated sugarcane bagasse ash
Martins Filho et al. (2019)	The use of residues of civil construction and ashes from sugar cane bagasse for the production of finishing mortar
Joshaghani and Moeini (2018)	Evaluating the effects of sugarcane-bagasse ash and rice-husk ash on the mechanical and durability properties of mortar
Moretti et al. (2018)	Pore size distribution of mortars produced with agroindustrial waste
Maldonado-García et al. (2018)	The influence of untreated sugarcane bagasse ash on the microstructural and mechanical properties of mortars
Kusbiantoro, Embong and Abd Aziz (2018)	Strength and microstructural properties of mortar containing soluble silica from sugarcane bagasse ash
Joshaghani and Moeini (2017)	Evaluating the effects of sugar cane bagasse ash (SCBA) and nanosilica on the mechanical and durability properties of mortar
Bezerra et al. (2017)	Effect of partial replacement with thermally processed sugar cane bagasse on the properties of mortars
Maldonado-García, Montes-García and Valdez-Tamez (2016)	Effect of the addition of sugar-cane bagasse ash on the corrosion risk of uncured mortars
Berenguer et al. (2016)	Effect of sugarcane bagasse ash as partial replacement of cement on mortar mechanical properties

Almeida et al. (2015)	Sugarcane bagasse ash sand (SBAS): Brazilian agroindustrial by-product for use in mortar
Canova, Miotto and de Mori (2015)	Evaluation of plastering composite mortar with replacement of natural sand in sugarcane bagasse ash
Macedo et al. (2014)	Performance of mortars produced with the incorporation of sugar cane bagasse ash
Muangtong et al. (2013)	Effects of fine bagasse ash on the workability and compressive strength of Mortars piyanut muangtong
Jiménez-Quero et al. (2013)	Influence of sugar-cane bagasse ash and fly ash on the rheological behavior of cement pastes and mortars
Valencia et al. (2012)	Durability and corrosion study of reinforced blended mortars with tuff and sugar cane bagasse ash [Estudio de Durabilidad y Corrosión en Morteros Armados Adicionados con Toba Volcánica y Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar]
Paula et al. (2010)	Sugarcane bagasse ash as a partial-port-land-cement-replacement material [Ceniza de bagazo de caña de azúcar como material de sustitución parcial del cemento portland]

Table 4 - Publications included in the blue cluster: evaluation of mechanical and physical properties

Source: Own Author.

Among the 12 studies classified in the yellow cluster, these were not included in the systematic analysis because they dealt with the use of SCBA in concrete. It also classified the works that distanced themselves from the proposal addressed in this research but covered sugarcane bagasse, such as Pellegrin, Acordi and Montedo (2019), who evaluated the use of sugarcane bagasse fibers in mortars or even Abraham and Ransinchung (2020), who analyzed the potential of using SCBA in paving applications. Krishna and Reddy (2019) developed sustainable pavers utilizing gray use techniques.

The publications presents various approaches to using SCBA. Table 5 provides a quantitative classification of the different methods employed in the studies considered relevant to this research.

Scba application method	Number of publications
Partial replacement of cement	35
Partial replacement of sand	4
Replacement of BFS	6
With other additions/waste	6

Table 5 - Forms of application of the SCBA studied

Source: Own Author.

It is important to note that most of the studies aim to evaluate the behavior of SCBA as a binder, whether in partial replacement of cement or conjunction with BFS in obtaining alkali-activated binders. Some authors also analyzed the action of ash in conjunction with other types of additions from different sources, such as Akbar *et al.* (2021), who added propylene fibers to the mortar, Braz *et al.* (2019), who evaluated the effect that aluminum recycling residues would have on the pozzolanic activity of SCBA, and Martins Filho *et al.* (2019) which completely replaced fine aggregate with combinations of ash and construction waste. The cement types used in the investigated mortar compositions were identified. These details can be found in Table 6, with the aim of discerning the influence they would have on the final results.

Cement type used	Number of publications
Portland Common	38
Portland high initial strength	11
Portland compound with pozzolana	1
Portland composite with slag	1

Table 6 - Cement types used in the studied publications

Source: Own Author.

The researchers assessed the method of obtaining ash as described in 43 publications. This process may involve either controlled or uncontrolled burning of bagasse by the researchers, or direct collection of ash after combustion in power plant boilers. The researchers described the raised numbers in Table 7.

Obtaining ash means	Number of publications
Controlled burning of bagasse/ash	6
Self-combustion of bagasse	4
Ash collected in power plant	41

Table 7 - Methods for obtaining SCBA

Source: Own Author.

Discussions

Pozzolanic Activity

The existing knowledge about the behavior of pozzolanic materials has guided various studies to standardize the assessment of the pozzolanicity of the SCBA according to national and international standards. After demonstrating the existence of this characteristic in SCBA in initial studies, subsequent publications aimed to explore ways to enhance its sought effectiveness. The goal was to ensure that the application of SCBA leads to improvements in the properties of mortar (Cordeiro, 2006; Frías *et al.*, 2017; Mehrotra; Masood, 1992).

Different methods have been adopted to ensure that the particles of pozzolanic materials are fine and homogeneous enough to be reactive. This is an important characteristic that requires evaluating the fineness of their particles in the SCBA. According to Chusilp, Jaturapitakkul and Kiattikomol (2009), closely monitoring and regulating the firing temperature is crucial in ensuring the thorough removal of organic matter. This is necessary to decrease the high carbon levels in the ashes since they can adversely affect the properties of the hardened mortar. This theory is supported by the work of Frías *et al.* (2017), who compared the pozzolanic reactions of two different ashes. One ash was obtained directly from a sugar and alcohol mill where it was burned in a boiler at temperatures between 700 °C and 800 °C, without any burning control. The other ash was produced in a laboratory setting, where bagasse was burned with temperature control at 700 °C. Both ashes were ground and sieved for the comparison. The authors concluded that although all samples met the physical requirements established by the pozzolanicity standard, the mortar made with ash without burning control had a water demand of 12.7% more than the mortars with controlled burning ash. The study by Torres *et al.* (2020) supports the theory, highlighting that while

calcination effectively removes organic matter, it should not be the only method used to improve the pozzolanic properties of SCBA. Grinding the material to the appropriate fineness is necessary to achieve significant reactivity.

Embong *et al.* (2016) verified the reactivity of SCBA with firing control at different times and temperatures. The controlled incineration of sugarcane bagasse at 800 °C for 1 hour and subsequent milling and sieving prevented the transformation of ash from amorphous to the crystalline phase, which increased its pozzolanic reactivity. The particle scans and the higher consumption of portlandite in the Chappelle test provided proof of this. Joshaghani and Moeini (2018) discovered a similar result.

Arif, Clark and Lake (2016) studied the reactivity of SCBA when used untreated after collection at the mill, without re-burning, milling, and screening. The scans revealed that samples with a cement-to-ash replacement exceeding 5% exhibited minimal to no pozzolanic activity. However, in durability tests in the immersion of specimens in sulfuric acid solution (aggressive medium), mortars with higher SCBA content (20% substitution) showed the lowest mass loss, demonstrating a significant increase in durability. The authors attributed this success to the increased durability of the mortar due to the filler capacity of the ash to fill the pores.

Mechanical and physical properties

Publications centered on the assessment of mechanical and physical characteristics of mortars highlighted studies employing diverse materials and methodologies. The main tests carried out were resistance to compression, porosity and durability of mortars with SCBA, the latter being through tests of electrical resistivity or accelerated corrosion.

In their study, Almeida *et al.* (2015) observed the impact of using SCBA obtained without firing control as a replacement for fine sand on the applied mortars. After collecting the ash at the plant. The material was sifted and used to replace 30% and 50% of the original substance. The mortar with 30% replacement of sand reached compressive strength greater than that obtained in the control mortar, and the result of resistance of 50% replacement was equivalent to that of only fine sand. By microscopically observing the pores of the mortars, the author concludes that due to the fineness of the SCBA, it can fill smaller pores, giving a filler effect. This characteristic can justify the increase in the compressive strength obtained and improve the durability of the mortar. Moretti *et al.* (2018) used a similar methodology to evaluate the distribution of pores in the mortar with SCBA and obtained similar results, replacing 0%, 10%, 20%, 30% and 40% of fine sand with SCBA. The authors also identified the capacity of the ash to fill the macropores ($> 0.1\mu\text{m}$) of the mortar. However, they point out that the samples with a value above 30% of SCBA had a loss of workability.

The evaluation conducted by Berenguer *et al.* (2016) used laboratory tests, specifically X-ray diffraction and X-ray fluorescence, to determine the chemical and mineralogical composition of the ash, which was only sieved after being collected from the plant. The results indicated that the percentage of amorphous silica in the ash suggests that using 15% of siliceous coal bottom ash (SCBA) as a replacement for cement leads to improved performance in compressive strength tests. This mixture demonstrated higher strength compared to the control mortar. Maldonado-Garcia *et al.* (2018) showed similar strength results. Joshaghani and Moeini (2018) achieved an enhancement in this percentage to as much as 20% substitution while ensuring a greater compressive strength by conducting controlled combustion of the bagasse at a temperature of 800 °C for a minimum duration of 30 minutes, followed by sieving.

Some authors have evaluated the action of sugarcane in combination with other materials; Akbar *et al.* (2021) prepared mortars based on SCBA reinforced with propylene fibers. They used SCBA burned at 900°C for 2 hours, and with an addition of 3% fiber, achieved a 58% increase in tensile strength compared to plain cement mortar. Martins Filho *et al.* (2019) conducted a comparison of the mechanical properties of standard cement mortar with variants incorporating sugarcane bagasse ash (SCBA) and construction waste as a total replacement for fine aggregates. Among the various proportions tested, the mix containing 75% construction waste and 25% SCBA demonstrated the best tensile and compressive strength. Additionally, this mix exhibited reduced air content and high water retention, which contribute to improved workability, mechanical strength, and durability. Alkali-activated binders

The great interest generated in the sustainable advantages of using BFS as a binder aroused the interest in studying how to use SCBA in conjunction with this material. Moraes *et al.* (2015) used the burnt ash without control, only with subsequent sieving in the production of alkaline activated mortars using an activator solution of sodium hydroxide (NaOH), the ratios of BFS / SCBA evaluated were: AA0 (100 BFS / 0 SCBA), AA25 (75 BFS / 25 SCBA), and AA50 (50 BFS / 50 SCBA). The authors concluded that after 7 and 28 days of curing, both AA25 (75 BFS / 25 SCBA) and AA50 (50 BFS / 50 SCBA) showed higher compressive strength compared to AA0. The increase after 28 days of curing from AA0 to AA25 is 148.5%, and from AA0 to AA50 is 49.1%. Researchers attributed the observed phenomenon to the presence of active silica in the SCBA: the presence of soluble silica under highly alkaline conditions plays a crucial role in the generation of the C(N)-A-S-H gel and thus significantly contributes to the attained strength.

Moraes *et al.* (2017) evaluated this time the influence that an activation solution composed of sodium hydroxide and sodium silicate would have in different proportions of BFS and SCBA on its properties. The ratios evaluated of BFS / SCBA were 100/0, 85/15, 75/25, 67/33, and 50/50. The proportion of BFS / SCBA considered ideal was again 75/25 due to its better compressive strength developed early in the curing time relative to other substitutions tested. The high C(N)-A-S-H compacted gel formation highlights the critical reduction in the volume of capillary pores in mortars containing SCBA, which is directly linked to their durability and explains the increase in compressive strength.

Final considerations

This systematic literature review has reached the proposed objectives of analyzing the works related to the applicability of SCBA in mortars to facilitate and encourage future works on the subject in question. By addressing only published papers, researchers obtained relevant results. The key conclusions of the critical review are as follows.

The optimal proportions for replacing Portland cement with sugarcane bagasse ash (SCBA) to maintain or enhance compressive strength are typically between 10% and 20%. This effectiveness depends on the treatment applied to the ash, which may involve processes such as controlled burning, sieving, or grinding. These treatments help create finer particles, resulting in a more homogeneous structure and reduced grain size. Although the controlled burning of sugarcane bagasse at a temperature of 800 °C shows the greater formation of amorphous silica than crystalline silica, an essential factor to ensure good pozzolanic reactivity, satisfactory reactivity results were

found only with sieving and/or grinding after the collection of ash directly from the mill, ensuring a cheaper and more sustainable production process.

For the case of use as alkali-activated material, the proportion of 75% BFS and 25% of SCBA showed satisfactory results with all activator solutions used, increasing the compressive strength by up to 148% compared to the control mortar without the use of ash.

The filler effect given by the fineness of the particles analyzed microscopically is a factor for the increase in durability of the mortars analyzed, which guarantees a reduction in mass in greater exposure to aggressive media when compared to the control samples, whether by using ash as a substitute for cement or sand.

Despite the several advantages, the use of SCBA diminishes the workability of mortars, and it is advisable to substitute up to 30% of the fine aggregate to prevent substantial alterations in consistency.

No studies have demonstrated the behavior of mortars with the use of SBA under real conditions, outside of laboratory production control and when handled directly by site labor, to evaluate the application under different conditions of the base and exposure of the coating and the ash to common environments.

In general, the SCBA presents good applicability in mortars by improving their durability without compromising the compressive strength, and with specific treatments such as grinding or sieving, besides guaranteeing the sustainable use of a residue produced on a large scale in the national territory and reducing the emission of CO₂ with the reduction of Portland cement production.

Based on the research conducted on the influence of SCBA, future work should focus on evaluating the following aspects:

- Evaluate the mortars with SCBA produced outside laboratories against the real conditions of the construction site;
- Perform cost analysis of the mortar production process using SCBA;
- Perform tests to verify the mortar's tensile bond strength in the rough casting;
- Evaluate the behavior of mortar in the laying of ceramic blocks and concrete blocks.

References

ABRAHAM, S. M.; RANSINCHUNG, G. D. R. N. Laboratory Research on Reclaimed Asphalt Pavement-Inclusive Cementitious Mixtures. *Aci Materials Journal*, [s. l.], v. 117, n. 2, p. 193-204, 2020.

AKBAR, A. *et al.* Sugar cane bagasse ash based engineered geopolymer mortar incorporating propylene fibres. *Journal of Building Engineering*, v. 33, pp. 101492, Jan. 2021.

ALCARDE, A. R. *Processamento da cana de açúcar*. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-deaçucar/arvore/CONTAG01_102_22122006154841.html. Acesso em: 15 abr. 2020.

ALMEIDA, F. C. R. *et al.* Sugarcane bagasse ash sand (SBAS): Brazilian agroindustrial by-product for use in mortar. *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 82, n. 1, p. 31-38, 2015.

ARIF, E.; CLARK, M. W.; LAKE, N. Sugar cane bagasse ash from a high efficiency co-generation boiler: Applications in cement and mortar production. *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 128, n. 15, p. 287-297, 2016.

BALAPOUR, M.; ZHAO, W.; JOSHAGHANI A. Empirical correlation between mortars mechanical and durability tests with different cementitious materials replacements. *Advances in Cement Research*, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 169-180. 2020.

BENTZ, D. P.; DURÁN-HERRERA, A.; GALVEZ-MORENO, D. Comparison of ASTM C311 strength activity index testing versus testing based on constant volumetric proportions. *Electronic Journal of ASTM International*, [s. l.], v. 9, n. 1, 2012.

BERENQUER, R. A. *et al.* Effect of sugarcane bagasse ash as partial replacement of cement on mortar mechanical properties. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, [s. l.], v. 21, n. 14, p. 4577-4586, 2016.

BEZERRA, A. *et al.* Effect of partial replacement with thermally processed sugar cane bagasse on the properties of mortars. *Revista Matéria*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, 2017.

BONILLA, M. *et al.* Study of pozzolanic properties of two sugarcane bagasse ash samples from Honduras. *Key Engineering Materials*, [s. l.], v. 668, p. 357-366, 2016.

BRAZ, I. G. *et al.* Effect of the addition of aluminum recycling waste on the pozzolanic activity of sugarcane bagasse ash and zeolite. *Waste and Biomass Valorization*, [s. l.], v. 10, p. 3493-3513, 2019.

CANOVA, J. A.; MIOTTO, J. L.; MORI, L. M. Evaluation of plastering composite mortar with replacement of natural sand in sugarcane bagasse ash [Avaliação de argamassa mista de revestimento com substituição da areia natural por cinza de bagaço decana-de-açúcar]. *Ciencia y Engenharia/ Science and Engineering Journal*, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 125-134, 2015.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. (ed.). *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2010. p. 893-944.

CASTALDELLI, V. N. *et al.* Preliminary Studies on the use of Sugar Cane Bagasse Ash (SCBA) in the Manufacture of Alkali Activated Binders. *Key Engineering Materials*, [s. l.], v. 600, p. 689-698, 2014.

CASTALDELLI, V. N. *et al.* Use of Slag/Sugar Cane Bagasse Ash (SCBA) Blends in the Production of Alkali-Activated Materials. *Materials*, [s. l.], v. 6, n. 8, p. 3108-3127, 2013.

CHI, M. C. Effects of sugar cane bagasse ash as a cement replacement on properties of mortars. *Science and Engineering of Composite Materials*, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 279-285, 2012.

CHUSILP, N.; JATURAPITAKKUL, C.; KIATTIKOMOL, K. Effects of LOI of ground bagasseash on the compressive strength and sulfate resistance of mortars. *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 23, n. 12, p. 3523-3531, 2009.

CORDEIRO, G. C. *et al.* Pozzolanic activity and filler effect of sugar cane bagasse ash in Portland cement and lime mortars. *Cement and Concrete Composites*, [s. l.], v. 30, p. 410-418, 2008.

CORDEIRO, G. C. *Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Alberto Luiz Coimbra, Rio de Janeiro, 2006.

CORDEIRO, G. C.; ANDREÃO, P. V.; TAVARES, L. M. Pozzolanic properties of ultrafine sugar cane bagasse ash produced by controlled burning. *Heliyon*, [s. l.], v. 5, n. 10, p. e02566, 2019.

CORDEIRO, G. C.; TOLEDO FILHO, R. D.; ALMEIDA, R. S. DE. Influence of ultrafine wet grinding on pozzolanic activity of submicrometre sugar cane bagasse ash. *Advances in Applied Ceramics*, [s. l.], v. 110, n. 8, p. 453-456, 2011.

EMBONG, R. *et al.* Effectiveness of low-concentration acid and solar drying as pre-treatment features for producing pozzolanic sugarcane bagasse ash. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 112, n. 1, p. 953-962, 2016.

FRÍAS, M. *et al.* Advances on the development of ternary cements elaborated with biomass ashes coming from different activation process. *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 136, n. 1, p. 73-80, 2017.

FRÍAS, M.; VILLAR-COCIÑA, E.; VALENCIA-MORALES, E. Characterisation of sugar cane straw waste as pozzolanic material for construction: Calcining temperature and kinetic parameters. *Waste Management*, [s. l.], v. 27, n. 4, p. 533-538, 2007.

GUZMÁN, A. *et al.* Pozzolanic evaluation of the sugar cane leaf [Valoración puzolánica de la hoja de la caña de azúcar]. *Materiales de Construcción*, [s. l.], v. 61, n. 302, p. 213-225, 2011.

HOSSEINI, M. R. *et al.* Critical evaluation of off-site construction research: A Scientometric analysis. *Automation in Construction*, [s. l.], v. 87, p. 235-247, 2018.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Produção de cana-de-açúcar*. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cana-de-acucar/br>. Acesso em: 20 abr. 2020.

JAGADESH, P. *et al.* Adaptability of Sugar Cane Bagasse Ash in Mortar. *Journal of the Institution of Engineers (India): Serie A*, [s. l.], v. 100, p. 225-240, 2019.

JAGADESH, P.; RAMACHANDRA MURTHY, A.; MURUGESAN R. Effect of processed sugar cane bagasse ash on mechanical and fracture properties of blended mortar. *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 262, 2020.

JIMÉNEZ-QUERO, V. G. *et al.* Influence of sugar-cane bagasse ash and fly ash on the rheological behavior of cement pastes and mortars. *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 40, p. 691-701, 2013.

JIMÉNEZ-QUERO, V. G.; ORTIZ-GUZMÁN, M.; MONTES-GARCÍA, P. Durability of mortars containing sugarcane bagasse ash. *In: IX INTERNATIONAL CONGRESS OF PHYSICS ENGINEERING - JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES*, 2019, Mexico City. *Anais [...]*. Mexico City: Journal of Physics: Conference Series, 2019.

JOSHAGHANI, A.; MOEINI, M. A. Evaluating the effects of sugar cane bagasse ash (SCBA) and nanosilica on the mechanical and durability properties of mortar. *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 152, p. 818-831, 2017.

JOSHAGHANI, A.; MOEINI, M. A. Evaluating the Effects of Sugarcane-Bagasse Ash and Rice-Husk Ash on the Mechanical and Durability Properties of Mortar. *Journal of Materials in Civil Engineering*, [s. l.], v. 30, n. 7, 2018.

KAZMI, S. M. S. *et al.* Pozzolanic reaction of sugarcane bagasse ash and its role in controlling alkali silica reaction. *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 148, p. 231-240, 2017.

KRISHNA, B. V.; REDDY, E. R. Applications of green materials for the preparation of eco-friendly bricks and pavers. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, [s. l.], v. 7, n. 3.29, p. 75-79, 2019.

KUSBIANTORO, A.; EMBONG, R.; AZIZ, A. A. Strength and Microstructural Properties of Mortar Containing Soluble Silica from Sugarcane Bagasse Ash. *Key Engineering Materials*, [s. l.], v. 765, p. 269-274, 2018.

MACEDO, P. C. *et al.* Performance of mortars produced with the incorporation of sugar cane bagasse ash [Rendimiento de morteros producidos con la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar]. *Revista Ingeniería de Construcción*, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 187-199, 2014.

MALDONADO-GARCÍA, M. A. *et al.* Long-term corrosion risk of thin cement composites containing untreated sugarcane bagasse ash. *Journal of Materials in Civil Engineering*, [s. l.], v. 31, n. 4, 2019.

MALDONADO-GARCÍA, M. A. *et al.* The influence of untreated sugarcane bagasse ash on the microstructural and mechanical properties of mortars. *Materiales de Construcción*, [s. l.], v. 68, n. 329, p. 1-12, 2018.

MALDONADO-GARCÍA, M. A.; MONTES-GARCÍA, P.; VALDEZ-TAMEZ, P. L. Effect of the addition of sugar-cane bagasse ash on the corrosion risk of uncured mortars. *In: Proceedings of the 11th fib International PhD Symposium in Civil Engineering*, 2016, [s. l.]. *Anais [...]*. [S. l.: S. n.], 2016.

MARTINS FILHO, S. T. *et al.* The use of residues of civil construction and ashes from sugar cane bagasse for the production of finishing mortar [Utilização de resíduos da construção civil e cinza do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de

argamassa de revestimento]. *Revista em Agronegocio e Meio Ambiente*, Maringá, v. 12, n. 2, p. 663-678, 2019.

MEHROTRA, S. O.; MASOOD, I. Pozzolanic behaviour of bagasse ash: A derivative of sugar cane distillation, bagasse ash, has properties that might be suitable for use in building materials. *Building Research & Information*, [s. l.], v. 20, n. 5, p. 299-304, 1992.

MONGEON, P.; PAUL-HUS, A. The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, [s. l.], v. 106, n. 1, p. 213-228, 2016.

MORAES, J. C. B. *et al.* Effect of sugar cane straw ash (SCSA) as solid precursor and the alkaline activator composition on alkali-activated binders based on blast furnace slag (BFS). *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 144, n. 30, p. 214-224, 2017.

MORAES, J. C. B. *et al.* Optimum use of sugar cane straw ash in Alkali-activated binders based on blast furnace slag. *Journal of Materials in Civil Engineering*, [s. l.], v. 30, n. 6, 2018.

MORAES, J. C. B. *et al.* Possibilities of reusing sugar cane straw ash in the production of alternative binders. *Key Engineering Materials*, [s. l.], v. 668, p. 304-311, 2016.

MORAES, J. C. B. *et al.* Possibilities of reusing sugar cane straw ash in the production of alternative binders. *Key Engineering Materials*, [s. l.], v. 668, p. 304-311, 2015.

MORETTI, J. P. *et al.* Pore size distribution of mortars produced with agroindustrial waste. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 187, n. 20, p. 473-484, 2018.

MOURA, A. A. de *et al.* The influence of calcium-rich environments in siliceous industrial residues on the hydration reaction of cementitious mixtures. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 225, n. 10, p. 152-162, 2019.

MUANGTONG, P. *et al.* Effects of fine bagasse ash on the workability and compressive strength of Mortars piyanut muangtong. *Chiang Mai Journal of Science*, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 126-134, 2013.

OLIVEIRA, E.; BARROS, S. Resíduos e aspectos sustentáveis da cana-de-açúcar. *Revista Eletrônica da Faculdade de Ciências Exatas e Agrárias da UNIGRAN - Produção/Construção e Tecnologia*, Dourados, v. 7, n. 10, 2017.

ORAAE, M. *et al.* Collaboration in BIM-based construction networks, A bibliometric-qualitative literature review. *International Journal of Project Management*, [s. l.], v. 35, n. 7, p. 1288-1301, 2017.

PARK, J. Y.; NAGY, Z. Comprehensive analysis of the relationship between thermal comfort and building control research - A data-driven literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s. l.], v. 82, n. 3, p. 2664-2679, 2018.

PAULA, M. O. *et al.* Sugarcane bagasse ash as a partial-port-land-cement-replacement material [Ceniza de bagazo de caña de azúcar como material de sustitución parcial del cemento portland]. *DYNA (Colombia)*, [s. l.], v. 77, n. 163, p. 47-54, 2010.

PELLEGRIN, M. Z. de; ACORDI, J.; MONTEDO, O. R. K. Influence of the Length and the Content of Cellulose Fibers Obtained from Sugarcane Bagasse on the Mechanical Properties of Fiber-Reinforced Mortar Composites. *Journal of Natural Fibers*, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 111-121, 2019.

PEREIRA, A. M. *et al.* Valorisation of sugarcane bagasse ash (SCBA) with high quartz content as pozzolanic material in Portland cement mixtures. *Materiales de Construcción*, [s. l.], v. 68, n. 330, 2018.

PEREIRA, A., *et al.* Mechanical and durability properties of alkali-activated mortar based on sugarcane bagasse ash and blast furnace slag. *Ceramics International*, [s. l.], v. 41, n. 10, p. 13012-13024, 2015.

PINHEIRO, J. C. *Análise da dinâmica das áreas ocupadas pela cultura canavieira no Brasil entre 1990 e 2013: uma contribuição ao estudo do circuito espacial produtivo do setor sucroenergético*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, 2015.

PRAVEENKUMAR, S.; SANKARASUBRAMANIAN, G.; SINDHU, S. Selecting Optimized Mix Proportion of Bagasse Ash Blended Cement Mortar Using Analytic Hierarchy Process (AHP). *Advances in Intelligent Systems and Computing*, [s. l.], v. 979, p. 53-62, 2020.

RIBEIRO, D. V.; MORELLI, M. R. Effect of Calcination Temperature on the Pozzolanic Activity of Brazilian Sugar Cane Bagasse Ash (SCBA). *Materials Research*, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 974-981, 2014.

RODRIGUES, C. D. S. *et al.* Biomass ashes as supplementary cement materials and their effects on the structure and properties of mortars and concretes. *In: Brittle Matrix Composites 11 - Proceedings of the 11th International Symposium on Brittle Matrix*, 2015, [s. l.]. *Anais [...]*. [S. l.: S. n.], p. 415-424, 2015.

SAVASTANO, H. J. *Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo*, 2000. Tese (Doutorado em Livre Docência) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

THORSTENSEN, R. T. Processing of sugar cane bagasse for making it Pozzolanic. *American Concrete Institute, ACI Special Publication*, [s. l.], 2015.

TORRES, S. M. *et al.* Assessing the pozzolanic activity of sugarcane bagasse ash using X-ray diffraction. *Construction and Building Materials*, [s. l.], v. 264, n. 20, p. 120684, 2020.



VALENCIA, W. *et al.* Durability and corrosion study of reinforced blended mortars with tuff and sugar cane bagasse ash. *Revista de la Construcción*, [s. l.], v. 11, p. 112-122, 2012.

YIN, X. *et al.* Building information modelling for off-site construction: Review and future directions. *Automation in Construction*, [s. l.], v. 101, p. 72-91, 2019.

Determinação dos limites de detecção para conservadores químicos com base nos métodos qualitativos oficiais de análise em leite

DETERMINATION OF DETECTION LIMITS FOR CHEMICAL PRESERVATIVES ON THE BASIS OF OFFICIAL QUALITATIVE METHODS OF MILK ANALYSIS

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE DETECCIÓN PARA CONSERVADORES QUÍMICOS COM BASE EN MÉTODOS OFICIALES CUALITATIVOS DE ANÁLISIS EN LA LECHE

Thainá Souza Santos

Instituto Federal de Goiás (IFG)/Câmpus Itumbiara
thainasouza120696@gmail.com

Henrique Faria Paula

Instituto Federal de Goiás (IFG)/Câmpus Itumbiara
henriquefariap@hotmail.com

Simone Machado Goulart

Instituto Federal de Goiás (IFG)/Câmpus Itumbiara
simone.goulart@ifg.edu.br

Leonardo Magalhães de Castro

Instituto Federal de Goiás (IFG)/Câmpus Itumbiara
leonardo.castro@ifg.edu.br

João Paulo Victorino Santos

Instituto Federal de Goiás (IFG)/Câmpus Itumbiara
joao.santos1@ifg.edu.br

Resumo

As condições de qualidade e higiene para o leite cru e derivados lácteos são estabelecidas para a proteção da saúde humana e preservação das propriedades nutritivas desses alimentos. A adição de conservantes ao leite tem como objetivo reduzir ou eliminar os micro-organismos, sendo uma prática proibida e utilizada para mascarar a qualidade inferior do produto. O objetivo deste trabalho foi avaliar os limites de detecção das provas oficiais de análise qualitativa de conservantes químicos. Para a avaliação da sensibilidade analítica das provas para a pesquisa de conservantes (formol, peróxido de hidrogênio e hipoclorito de sódio), foram realizadas três repetições. Em cada alíquota, foi adicionada, separadamente, uma dentre oito concentrações diferentes de cada substância avaliada. Os resultados mostram que o método apresenta faixa não detectável abaixo de 0,002% v/v para formol e peróxido, e abaixo de 0,03% v/v para hipoclorito de sódio. É importante o monitoramento constante da qualidade do leite em toda a cadeia produtiva para evitar o risco de que o leite fraudado chegue ao mercado consumidor. Os métodos oficiais são capazes de detectar baixas concentrações de conservantes químicos, porém deixam uma margem para fraudes que precisa ser avaliada com mais atenção.

Palavras-chave: qualidade do leite; Instrução Normativa 68; limite de detecção.

Abstract

Quality and hygiene conditions for raw milk and dairy products are established to protect human health and preserve the nutritional properties of these foods. The addition of preservatives to milk aims to reduce or eliminate micro-organisms, being a prohibited practice and used to mask the poor quality of the product. The objective of this work was to evaluate the detection limits of official tests of qualitative analysis of chemical preservatives. To evaluate the analytical sensitivity of the tests for the research of preservatives (Formol, Hydrogen Peroxide and Sodium Hypochlorite) three repetitions were carried out. In each aliquot were added, separately, one of eight different concentrations of each evaluated substance. The results obtained show that the method presents an undetectable range below 0.002% v/v for formaldehyde and peroxide and below 0.03% v/v for sodium hypochlorite. It is important to constantly monitor the quality of the milk throughout the production chain so that there is no risk of fraudulent milk reaching the consumer. The official methods are capable of detecting low concentrations of chemical preservatives, but they leave a margin for fraud that needs to be better evaluated.

Keywords: milk quality; Normative Instruction 68; detection limit.

Resumen

Se establecen condiciones de calidad e higiene de la leche cruda y los productos lácteos para proteger la salud humana y preservar las propiedades nutricionales de esos alimentos. La adición de conservantes a la leche tiene como objetivo reducir o eliminar los microorganismos, siendo una práctica prohibida y utilizada para enmascarar la mala calidad del producto. El objetivo de este trabajo fue evaluar los límites de detección de pruebas oficiales de análisis cualitativo de conservantes químicos. Para evaluar la sensibilidad analítica de las pruebas para la investigación de conservantes (Formol, Peróxido de Hidrógeno e Hipoclorito de Sodio) se realizaron tres repeticiones. En cada alícuota se agregaron, por separado, una de ocho concentraciones diferentes de cada sustancia evaluada. Los resultados obtenidos muestran que el método presenta un rango indetectable por debajo de 0,002% v/v para formaldehído y peróxido y por debajo de 0,03% v/v para hipoclorito de sodio. Es importante monitorear constantemente la calidad de la leche a lo largo de la cadena de producción para que no haya riesgo de que la leche fraudulenta llegue al consumidor. Los métodos oficiales son capaces de detectar bajas concentraciones de conservantes químicos, pero dejan un margen para el fraude que debe evaluarse mejor.

Palabras clave: calidad de la leche; Instrucción Normativa 68; límite de detección.

Introdução

O leite é considerado um dos alimentos mais completos em termos nutricionais, sendo fundamental para a dieta humana, contudo constitui um excelente substrato para o desenvolvimento de uma grande diversidade de micro-organismos, inclusive os patogênicos (Leite *et al.*, 2000; Timm, 2003). De acordo com o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (Riispoa), é impróprio para consumo humano o leite que apresenta características sensoriais anormais, como a adição de conservadores ou substâncias estranhas à sua composição, com impurezas ou corpos estranhos de qualquer natureza, que contenha, inclusive, resíduos de antibióticos ou inibidores e esteja adulterado ou não atenda aos padrões microbiológicos e físico-químicos definidos em Regulamentos Técnicos Específicos (Brasil, 2011).

A adição de conservantes como cloro, hipoclorito, peróxido de hidrogênio e formaldeído está entre as mais citadas na literatura. O objetivo dessas fraudes é o de reduzir ou

eliminar os micro-organismos presentes no leite, prevenindo, assim, as alterações decorrentes da sua multiplicação (Tronco, 2008). As maiores preocupações quanto à qualidade do leite estão associadas ao estado de conservação, à eficiência do seu tratamento térmico e às fraudes, principalmente as relacionadas à adição ou remoção de substâncias químicas ou estranhas à sua composição (Polegato; Rudge, 2003).

O leite pode ser adulterado com água, soro de leite, neutralizantes para mascarar a acidez, conservantes de crescimento microbiano, reconstituintes de densidade e crioscopia, entre outros (Karthek *et al.*, 2011). Diante disso, intensificar a fiscalização e punição, aprimorar esses sistemas de fiscalização, conscientizar produtores, empresas e consumidores em relação à boa qualidade do leite é de extrema importância. Além de afetar o consumidor economicamente, por estar adquirindo um produto de qualidade abaixo da declarada, a adulteração do leite pode representar um risco à sua saúde, dependendo do tipo de substância utilizada na fraude.

Os testes diagnósticos para a detecção de fraude são de suma importância, e sua aplicação incorporada em toda a cadeia produtiva proporciona mais segurança, desde o momento em que é coletado na propriedade rural até a saída como produto final, sendo necessário um processo de produção cada vez mais controlado (Firmino *et al.*, 2010).

Os princípios ativos mais utilizados para a higienização de instalações e equipamentos em propriedades leiteiras e laticínios são os que liberam cloro ativo, como o hipoclorito, em virtude da sua alta eficácia e do baixo custo. Sua estabilidade na presença da matéria orgânica é baixa, podendo dificultar a detecção de resíduos acidentais ou adicionados de forma fraudulenta e limitar a ação conservante dessas substâncias (Cords; Dychdala; Richter, 2001). Quanto ao risco de ingestão, o hipoclorito é corrosivo para a pele e as mucosas, podendo provocar irritação do trato gastrointestinal.

As fraudes por adição de substâncias conservantes são comuns no Brasil, o que comprova falhas no controle de qualidade da indústria e dos órgãos fiscalizadores. Os problemas associados à prática de fraudes por adição dessas substâncias ao leite variam entre prejuízo das características sensoriais e dos processos tecnológicos que envolvem a utilização de culturas lácticas e problemas de toxicidade para os consumidores (Silva, 2013).

Algumas operações realizadas pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) merecem destaque, a exemplo da Operação “Leite Compensado” em 2013, que ocorreu no estado do Rio Grande do Sul. Com o intuito de aumentar o volume do leite, era adicionada água sem tratamento, e para reconstituir os padrões do leite, nesse caso o teor de proteína, era adicionada ureia agrícola, que contém formol em sua composição. Em consequência disso, aproximadamente 100 milhões de litros de leite foram contaminados com formaldeído em um ano; e, em contrapartida, o lucro com a fraude foi de R\$ 9,5 milhões (Grizotti, 2013). A adição de ureia agrícola ao leite cru é uma prática utilizada pelos fraudadores com a intenção de mascarar a adição de água, o que leva não só a perdas nutritivas como também a danos à saúde, já que em sua formulação a ureia agrícola contém formol (Anvisa, 2013).

As operações que visam detectar fraudes nos alimentos, como a adição de conservantes ao leite, embora muito importantes, não podem ser a única ferramenta de combate. Além dessas, também é necessária uma atuação diária quanto à inspeção industrial realizada de forma eficiente pelos fiscais sanitários, tais como campanhas recorrentes de conscientização de todos os envolvidos na cadeia produtiva, mais pesquisas de avaliação e criação de metodologias eficientes e comprometimento com a divulgação dessas notícias, para que o leite passe a ser um produto de qualidade reconhecida nacional e internacionalmente, ganhando toda a cadeia produtiva.

A legislação determina a pesquisa diária de substâncias inibidoras do crescimento microbiano na recepção do leite cru refrigerado. Nesse caso, existem provas específicas para a pesquisa de cloro, hipoclorito, peróxido de hidrogênio e formaldeído (Brasil, 2006). A fiscalização da qualidade do leite deve envolver um controle laboratorial rigoroso, respeitando o que é preconizado pela legislação vigente. Entretanto, os resultados das análises precisam ser obtidos de forma mais rápida e com menor custo operacional, o que incide também na qualificação de recursos humanos, incluindo um planejamento que permita constante atualização e aperfeiçoamento. Sendo assim, o controle fiscal deve ser adequado à realidade atual e as metodologias de análise, revisadas com mais frequência.

Esta pesquisa tem o objetivo de avaliar o Limite de Detecção (LD) dos conservadores químicos formol, peróxido e hipoclorito em leite in natura, utilizando os métodos oficiais de análise qualitativa. Acerca disso, ressalta-se que o LD é o menor valor de concentração do analito de interesse que pode ser detectado pelo método (Inmetro, 2003).

Revisão bibliográfica

A qualidade do leite no Brasil

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de leite, com mais de 34 bilhões de litros por ano e produção em 98% dos municípios brasileiros, com a predominância de pequenas e médias propriedades, empregando cerca de 4 milhões de pessoas. O país conta com mais de 1 milhão de propriedades produtoras de leite, e as projeções do agronegócio da Secretaria de Política Agrícola estimam que, até 2030, permanecerão apenas os produtores mais eficientes, aqueles que se adaptarem à nova realidade de adoção de tecnologia e investirem em melhorias na gestão, proporcionando mais eficiência técnica e econômica (Brasil, 2023).

A qualidade do leite pode ser influenciada por diversos fatores, tais como alimentação, clima, ambiente, uso de medicamentos, condições higiênico-sanitárias, entre outros. O leite, por causa da sua composição nutricional, é um excelente meio para o crescimento de vários grupos de micro-organismos desejáveis e indesejáveis, e sua multiplicação provoca alterações físico-químicas no leite, o que limita sua durabilidade (Souza *et al.*, 2010).

Desse modo, para ser considerado de boa qualidade, o leite deve apresentar composição química, microbiológica (contagem bacteriana total – CBT), organoléptica e contagem de células somáticas (CCS) que atendam aos parâmetros exigidos por lei (Paixão *et al.*, 2014). Para que a contaminação do leite não ocorra, cuidados como a higiene do ordenhador, o tratamento das vacas doentes, a limpeza e desinfecção diária de todos os equipamentos utilizados na ordenha são imprescindíveis. Além disso, o resfriamento do leite logo após essa ordenha e a coleta granelizada (coleta de leite resfriado em grandes volumes) são outras medidas importantes para garantir a qualidade microbiológica do leite, ou seja, a implementação de boas práticas nas etapas de produção e obtenção do leite, chamadas de boas práticas agropecuárias (BPA), é fundamental (Pereira *et al.*, 2018).

Com a pretensão de simplificar o entendimento sobre os prazos e as exigências de qualidade estabelecidos em instruções normativas anteriores e promover um plano mais robusto e duradouro de qualificação dos produtores de leite, o Mapa publicou, em 26 de novembro de 2018, a Instrução Normativa n. 76 e a

Instrução Normativa n. 77. Essas instruções normativas estabeleceram os critérios e procedimentos para a produção, o acondicionamento, a conservação, o transporte, a seleção e a recepção do leite cru em estabelecimentos registrados no serviço de inspeção oficial, e ainda revogaram as instruções normativas n. 51/2002, n. 62/2011, n. 07/2016 e n. 31/2018 (Brasil, 2018; Paiva, 2018).

Em relação às modificações na nova legislação, a primeira mudança está relacionada à definição detalhada do Programa de Autocontrole (PAC). O PAC deve dispor sobre o estado sanitário do rebanho, os planos para a qualificação dos fornecedores de leite, os programas de seleção e capacitação de transportadores, os sistemas de cadastro dos transportadores e produtores, além de descrever todos os procedimentos de coleta, transvase e higienização de tanques isotérmicos, caminhões, mangueiras e outros usados na coleta e transporte do leite até o laticínio.

A composição do leite varia de acordo com a espécie, raça, alimentação, individualidade, fase de lactação, entre outros fatores, mas, geralmente, apresenta cerca de 12% a 13% de componentes sólidos, conhecidos como Estrato Seco Total (EST), que constituem a sua parte nutritiva, e aproximadamente 87,5% de água. De acordo com a Tabela 1, é possível observar as distinções percentuais referentes a diferentes espécies.

Espécie/ raça	Gordura (%)	Proteína (%)	Relação proteína/gordura	Lactose (%)	Cinzas (%)	Sólidos totais (%)
Vaca Zebu	4,9	3,9	0,8	5,1	0,8	14,7
Cabra	3,5	3,1	0,9	4,6	0,8	12
Ovelha	5,3	5,5	1,0	4,6	0,9	16,3
Égua	1,6	2,7	1,7	6,1	0,5	11
Humano	4,5	1,1	0,2	6,8	0,2	12,6

Tabela 1 - Composição química do leite em diferentes raças e espécies

Fonte: Handbook of milk composition (Jensen, 1995).

Muller e Rempel (2021) analisaram 15 artigos sobre a qualidade do leite em diversas regiões do Brasil publicados entre os anos de 2010 e 2020. A análise dos artigos dessa revisão integrativa demonstrou que os parâmetros físico-químicos não apresentaram alterações significativas na maior parte das amostras analisadas nos estudos em questão. Já em relação aos parâmetros microbiológicos, 93% dos estudos analisados demonstraram alterações microbiológicas no leite, diminuindo, assim, a sua qualidade. Foram verificadas CBT, CCS e contagem de mesófilos e psicrófilos fora dos padrões estabelecidos, contaminação por microrganismos do grupo dos coliformes, *Salmonella* spp., *Staphylococcus* spp., fungos e presença de antimicrobianos (antibióticos) nas amostras analisadas. A revisão também cita a presença de antibióticos em três artigos, e não focou nos conservadores químicos, indicando a necessidade de mais trabalhos de pesquisa nessa área.

Fraudes por substâncias antimicrobianas no leite

Em 2007, uma operação que ficou conhecida como “Ouro Branco” investigou duas cooperativas de laticínios no estado de Minas Gerais, acusadas de adulteração de leite. Segundo as investigações, as fraudes ocorriam com a adição de soro de leite, substâncias conservantes, neutralizantes e reconstituintes (Depoimentos [...], 2007; Peixoto; Baptista, 2007). Em 2014, foi deflagrada a chamada “Operação Leite Adulterado” nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, com o objetivo de

investigar e punir os envolvidos em adulteração de leite com sal, soda cáustica, citrato e peróxido de sódio (Operação [...], 2014).

O peróxido de hidrogênio ou água oxigenada não é um contaminante acidental do leite, pois não é utilizado na higienização de utensílios, equipamentos ou na desinfecção dos tetos, e sim em fraudes de leite que visam paralisar a atividade microbiana elevada, indicando risco para a população que consome o leite clandestino (Olieman, 2003).

O formol atua como conservante, reduzindo a microbiota presente e prolongando, com isso, a vida útil (Rodrigues *et al.*, 2013; Wanderley *et al.*, 2013; Abrantes; Campêlo, Silva, 2014). Em razão das suas características de reatividade, ausência de coloração, baixo custo e pureza, é um composto amplamente utilizado na indústria química como agente de produtos de limpeza, na embalsamação de peças anatômicas e em laboratórios (Anvisa, 2013; Cafe, 2015). Contudo, é uma substância comprovadamente cancerígena, mesmo em baixas concentrações.

No Brasil, diferentes autores relatam a presença de substâncias conservantes no leite. Souza *et al.* (2010) pesquisaram fraudes em 100 amostras de leite UHT produzidas em seis estados brasileiros e detectaram 44 amostras positivas para a presença de formaldeído, 30 positivas para peróxido de hidrogênio e 12 positivas para cloro. Em Garanhuns/PE foi detectada a presença de cloro (13%) e peróxido de hidrogênio (20%) em 15 amostras de leite cru (Freitas Filho *et al.*, 2009). Além disso, Rosa-Campos *et al.* (2011) pesquisaram fraudes por adição de neutralizantes e conservantes em 72 amostras de leite pasteurizado produzido no Distrito Federal e detectaram 7 amostras positivas para peróxido de hidrogênio.

A justiça de Mondaí, em Santa Catarina, condenou 16 pessoas por adulteração de leite, que foram apontadas pela acusação por adicionar soda cáustica e peróxido de hidrogênio no produto, e também por crimes contra as relações de consumo e falsidade ideológica. Em 2014, o Ministério Público de Santa Catarina e o Ministério Público do Rio Grande do Sul deflagraram as operações Leite Adulterado 1 e 2. Assim, foi descoberto que parte do produto era fraudado em Vista Alegre, no Rio Grande do Sul, para depois ser enviado à fábrica em Mondaí e distribuído para os dois estados citados e para São Paulo (Santa Catarina, 2014).

Uberti e Pinto (2022) apontam que a fraude mais comum e mais observada em estudos na área se dá pela adição de água, com o objetivo de aumentar o volume. Desse modo, tendo em vista que a adição de água causa modificações na composição do leite, essa fraude normalmente é acompanhada da fraude por adição de reconstituintes. Além disso, outras fraudes comumente observadas acontecem por meio da adição de conservantes e adição de neutralizantes. No tocante a isso, é importante observar que muitos desses produtos utilizados em fraudes podem gerar prejuízos para a saúde do consumidor, sendo um relevante fator de preocupação com relação à saúde pública entre os fiscais e as autoridades. Nesse contexto, os autores defendem que é importante reduzir os pontos de vulnerabilidade na cadeia produtiva do leite para diminuir as ocorrências de fraudes. Assim, é preciso realizar campanhas para a implementação de boas práticas agropecuárias, aplicação de sistemas regulatórios, mais amostragem e monitoramento, treinamento de produtores e manipuladores de alimentos, bem como o desenvolvimento de métodos eficazes, rápidos e econômicos de detecção de fraude.

Ribeiro (2021) destaca que, além da água, existem outras substâncias fraudulentas que podem ser adicionadas: substâncias inibidoras da multiplicação microbiana, como o peróxido de hidrogênio, formol, cloro e hipoclorito; neutralizantes de acidez, como o bicarbonato de sódio, carbonato de cálcio e soda; reconstituintes de densidade, como o amido, a sacarose, o cloreto de sódio e o soro do leite. Mesmo

sabendo que o manejo correto de práticas higiênicas na ordenha evita a contaminação do leite e a disseminação de micro-organismos responsável pela mastite (infecção que provoca a diminuição na qualidade e no volume do leite), muitos produtores/transportadores de leite preferem fraudar o alimento para aumentar seus lucros, sem se atentar para os riscos dessas substâncias. A fraude na produção de leite é um ato intencional de ganho econômico que resulta na redução da qualidade e segurança do produto. Por conseguinte, é imprescindível que haja uma fiscalização constante tanto do leite cru (matéria-prima) quanto de seus derivados.

Materiais e Método

Coleta e preparo das amostras

A avaliação da sensibilidade analítica das provas para a pesquisa de conservantes (formol, peróxido de hidrogênio e hipoclorito de sódio) foi realizada em três repetições. Para cada repetição, utilizou-se aproximadamente 2,0 litros de leite in natura, isento de substâncias estranhas e dentro dos parâmetros exigidos pela legislação (Brasil, 2011). Para a coleta das amostras, foi selecionado um produtor e sua produção acompanhada para garantir que o leite estivesse livre de substâncias estranhas. As amostras foram coletadas em frascos de vidro e transportadas imediatamente para o laboratório em caixa térmica com gelo.

As amostras foram divididas em alíquotas de 100 mililitros, e em cada alíquota foram adicionadas, separadamente, uma entre oito diferentes concentrações de cada substância avaliada, conforme descrito na Tabela 2. Uma alíquota foi destinada ao controle negativo. As concentrações utilizadas no estudo (Tabela 2) foram selecionadas tendo como base as concentrações empregadas em fraudes, descritas pela literatura (Silva, 2013) e por meio de experimentos prévios em laboratório.

Amostra	Formol (%)	Peróxido (%)	Hipoclorito (%)
Controle	0,000	0,000	0,00
1	0,001	0,001	0,01
2	0,002	0,002	0,02
3	0,003	0,003	0,03
4	0,004	0,004	0,04
5	0,005	0,005	0,05
6	0,006	0,006	0,06
7	0,007	0,007	0,07
8	0,008	0,008	0,08

Tabela 2 - Concentrações dos conservadores a serem utilizados nos experimentos para avaliar a sensibilidade analítica das provas qualitativas

Fonte: Elaboração própria.

Detecção da presença de formol

Medir 100 mililitros de leite homogeneizado e passar para o balão de destilação juntamente com 100 mililitros a 150 mililitros de água, acidificar com 2 mililitros de ácido fosfórico p.a. e destilar lentamente, recolhendo cerca de 50 mililitros de destilado. Após isso, colocar em um tubo de ensaio 5 mililitros de solução de ácido



cromotrópico a 0,5% e 1 mililitro de destilado. Colocar em banho-maria durante 15 minutos. O resultado positivo deve apresentar cor violeta, enquanto o resultado negativo deve apresentar cor amarela (Brasil, 2006).

Detecção de água oxigenada (peróxidos)

Para detectar a adulteração por adição de água oxigenada, transferiu-se 10 mililitros de leite para um tubo de ensaio, seguido de aquecimento em banho-maria até 35° C. Posteriormente, foram adicionados 2 mililitros de solução hidroalcoólica de guaiacol 1% (v/v) e mais 5 mililitros de leite cru. A cor salmão indica a presença de água oxigenada (Brasil, 2006).

Detecção de cloro e hipocloritos

Em um tubo de ensaio, misturou-se 5 mililitros de leite a 0,5 mililitros de solução de iodeto de potássio (7,5% m/v), agitando em seguida. O aparecimento da coloração amarela indica a presença de cloro livre. Para o teste de hipocloritos, adicionou-se no mesmo tubo 4 mililitros de solução de ácido clorídrico/água (1:2), aquecido em banho-maria a 80° C por 10 minutos. Posteriormente, o tubo foi resfriado em água corrente. O aparecimento de coloração amarela indica a presença de hipocloritos (Brasil, 2006).

Avaliação dos resultados

Os métodos oficiais de análise de resíduos em leite são qualitativos, apresentando como conclusão os parâmetros positivo e negativo (Brasil, 2006). Amostras positivas são consideradas fraudadas, e as negativas aptas para o recebimento, processamento ou direcionamento ao consumo. Nessa pesquisa, os resultados foram descritos como positivos ou negativos e os valores reais da presença dos conservadores foram tabulados para avaliação.

Resultados e Discussão

As análises realizadas para avaliar o limite de detecção das substâncias conservadoras inibidoras do crescimento microbiano pelos métodos oficiais estão descritas na Tabela 3.

Amostra	Teor de Formol (%)	Resultado Formol	Teor de Peróxido (%)	Resultado Peróxido	Teor de Hipoclorito (%)	Resultado Hipoclorito
Controle	0,000%	Negativo	0,000%	Negativo	0,00%	Negativo
1	0,001%	Negativo	0,001%	Negativo	0,01%	Negativo
2	0,002%	Positivo	0,002%	Positivo	0,02%	Negativo
3	0,003%	Positivo	0,003%	Positivo	0,03%	Positivo
4	0,004%	Positivo	0,004%	Positivo	0,04%	Positivo
5	0,005%	Positivo	0,005%	Positivo	0,05%	Positivo
6	0,006%	Positivo	0,006%	Positivo	0,06%	Positivo
7	0,007%	Positivo	0,007%	Positivo	0,07%	Positivo
8	0,008%	Positivo	0,008%	Positivo	0,08%	Positivo

Tabela 3 - LD apresentados pela avaliação das metodologias oficiais de análise de formol, peróxido e hipoclorito em leite

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados encontrados permitem observar que o limite de detecção para presença de formol em leite in natura foi positivo a partir da concentração de 0,002% v/v. Silva *et al.* (2015) encontraram formol em leite in natura a partir de 0,005%, utilizando leite in natura. Os autores confirmaram a boa sensibilidade do método oficial de análise, detectando baixos níveis de formol.

Observando os resultados obtidos e comparando-os aos resultados das análises de Silva *et al.* (2015), o limite encontrado neste trabalho foi inferior, indicando que a mesma metodologia pode apresentar resultados diferentes, possivelmente por causa dos períodos de dopagem das amostras e testagem, que podem influenciar degradando os conservadores.

De acordo com Adriano *et al.* (2014), em uma nova proposta de análise de metodologia de teste rápido, foi constatado a identificação de formol em leite in natura e UHT até valores de 0,001%, o que facilita o controle de qualidade dentro das indústrias. A determinação de formaldeído no leite é constatada por meio de análises qualitativas, com mudanças de coloração bem visíveis. A proposta diminui ainda mais a possibilidade de fraude a níveis muito baixos.

Os efeitos da ingestão de formol ainda não são bem definidos pela literatura, o que demanda mais atenção e preocupação em realizar novos estudos (Cafe, 2015). De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, foi observada uma sensibilidade alta para detectar a presença de formol no leite. Apesar de apresentar uma margem não detectável muito baixa, o método indica que concentrações de formol abaixo de 0,002% podem não ser detectadas, mas o conservante pode estar presente, demonstrando risco à saúde dos consumidores.

Para a análise de água oxigenada (peróxidos), foi observada a sensibilidade para concentrações a partir de 0,002% v/v. Goulart *et al.* (2019) encontraram o limite de peróxido a partir de 0,005% em leite in natura e UHT coletado diretamente em tanques de resfriamento. Todos os tratamentos foram submetidos à metodologia convencional (Instrução Normativa n. 68/2006) em três repetições. Os autores consideraram boa a sensibilidade do método oficial de análise, detectando baixos níveis de peróxido. Tendo em vista os resultados obtidos neste trabalho, é possível observar que o limite de detecção para peróxido é inferior aos apresentados por Goulart *et al.* (2019), demonstrando novamente que a forma em que o método é empregado, o tempo de dopagem da amostra e outros fatores influenciam nos resultados do LD.

A adição de substâncias que inibem o desenvolvimento de micro-organismos no leite cru representa um problema para a indústria de laticínios, inviabilizando a produção de derivados na qual é necessário o uso de culturas lácteas. Segundo Simonaggio *et al.* (2014), essa fraude é difícil de ser detectada, pois, após agir no leite, o peróxido de hidrogênio se transforma em água e sua reação ocorre de forma rápida. Sendo assim, é importante estipular o tempo em que se pode detectar resíduos de peróxido de hidrogênio para realizar a análise química laboratorial com mais confiabilidade. Nesta pesquisa as análises foram realizadas imediatamente após a dopagem, não sendo testados os tempos posteriores.

Nas análises de hipoclorito, o limite encontrado foi a partir de 0,03% v/v de cloro e hipoclorito em leite in natura, porém Silva (2013) encontrou o limite de cloro e hipoclorito a partir de 0,5% em leite UHT pelo método oficial de análise. O hipoclorito, apesar de ser classificado como um agente com amplo espectro de atividade antimicrobiana, é um composto bastante suscetível à inativação pela matéria orgânica (Cords; Dychdala; Richter, 2001), o que ocorre quando entra em contato ou é deliberadamente adicionado ao leite. Essa característica pode explicar a dificuldade na sua detecção pelo método específico estudado quando comparado aos demais conservadores.

A adição de cloro e hipoclorito ao leite pode ser apontada como uma fraude comum, já que, em virtude do seu baixo custo e amplo espectro de ação, são frequentemente empregados na higienização de equipamentos de ordenha e laticínios (Cords; Dychdala; Richter, 2001; Tronco, 2008). Além disso, sua adição intencional ao leite pode representar risco à saúde do consumidor.

Os métodos oficiais de análise de conservadores químicos em leite são obrigatórios na etapa industrial de avaliação das matérias-primas que chegam nas plataformas de recepção. Por serem de fácil e rápida aplicação, tornaram-se o principal meio de combate a fraudes e controle de qualidade desses parâmetros. Novas metodologias vêm sendo pesquisadas como alternativas a esses métodos oficiais para, principalmente, melhorar o limite de detecção desses resíduos.

Guinati e colaboradores desenvolveram um dispositivo microfluídico fabricado em papel capaz de determinar os adulterantes em amostras de leite por meio de reações colorimétricas. O dispositivo foi eficiente para análises qualitativas de peróxido de hidrogênio, pH e ureia, nas quais a alteração da cor é suficiente para indicar a presença do contaminante, assim como para análises quantitativas, nas quais a intensidade da cor apresentada no dispositivo é proporcional à concentração, inclusive a concentração do adulterante pode ser estimada com o auxílio de uma curva analítica (Machado, 2021). Outro método analítico eficiente e preciso para a determinação de peróxido de hidrogênio presente no leite foi desenvolvido por Silva e colaboradores. O método se baseia em análise por injeção em batelada (BIA) com detecção amperométrica. Para a realização das análises, os autores utilizaram apenas 100 mililitros de amostra diluída, e o método é caracterizado pela alta seletividade, sensibilidade, além de alta frequência analítica (Silva *et al.*, 2012).

Machado (2021) desenvolveu uma alternativa de simples manuseio e baixo custo para o monitoramento de fraudes em leite por hipoclorito de sódio, utilizando colorimetria por imagens digitais. O método é baseado no uso de smartphones para coleta de imagens de reações colorimétricas que são tratadas para obter informações dos valores do espaço de cores RGB (*red*, *blue* e *green*), por meio dos quais é possível realizar a quantificação da substância analisada. O método se mostrou aplicável para análise em diferentes concentrações de hipoclorito de sódio.

Canário *et al.* (2023) desenvolveram e validaram um método com sensibilidade de detecção de traços de formaldeído em leite, empregando a técnica de extração líquido-líquido juntamente com o método de cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por arranjo de diodos (CLAE-DAD) no comprimento de onda de 360 nanômetros. O método se mostrou eficiente para detecção no limite de 0,01 miligrama por litro do resíduo, porém não se aplica como técnica de análise rápida para triagem do leite na recepção.

Considerações finais

As fraudes pela adição de substâncias proibidas no leite são uma realidade na cadeia produtiva. Essas fraudes precisam ser mais amplamente conhecidas e combatidas tanto pela atuação dos órgãos de inspeção sanitária como também pelas empresas processadoras do leite. É importante que os estabelecimentos de laticínios cumpram com sua obrigação de controlar de forma rigorosa a qualidade da matéria-prima recebida diariamente na sua indústria, nos termos da legislação em vigor, por meio de análises como as apresentadas neste trabalho, além de realizar uma ampla campanha de esclarecimento aos seus fornecedores e aplicação de medidas de punição aos fraudadores.

Os resultados obtidos neste trabalho determinaram as concentrações mínimas de algumas das substâncias consideradas fraudulentas, apresentando o LD para formol (0,002% v/v), peróxido (0,002% v/v) e hipoclorito (0,03% v/v), e informando os riscos inerentes à metodologia oficial de análise desses conservadores, uma vez que, mesmo pequena, existe a possibilidade de produtos fraudados terem seus resultados como negativo a partir da aplicação das metodologias oficiais.

Pesquisar esses limites é de grande relevância, evitando que leite de qualidade inferior chegue ao consumidor e que cause problemas na sua saúde. Quanto menor o limite detectado, mais adequado o leite se torna para o consumo. Considerando a importância do assunto, torna-se necessária uma reavaliação das técnicas oficiais e a aplicação de novas metodologias, além da ampliação das medidas de esclarecimento de todos os envolvidos na cadeia produtiva do leite referente ao cumprimento da legislação e dos riscos à saúde.

Referências

ABRANTES, M. R.; CAMPÊLO, C. S.; SILVA, J. B. A. Fraude em leite: Métodos de detecção e implicações para o consumidor. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, São Paulo, v. 3, p 244-251, 2014.

ADRIANO, J. da C. *et al.* Métodos para Identificação de Formol no Leite Integral UHT (Ultrapasteurizado) correlacionados. *Revista Eletrônica Multidisciplinar Facear*, [s. l.], v. 2, n. 5, p.1-15, 2014.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). *Informe Técnico n. 53*. Esclarecimentos sobre os riscos à saúde das substâncias ureia e formol e sua adição ao leite. Brasília, DF: Anvisa, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/informes-anexos/54de2014/arquivos/513json-file-1>. Acesso em: 1 jun. 2024.

BRASIL. Instrução normativa n. 62 de 29, de dezembro de 2011. Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Cru Refrigerado, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Pasteurizado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 29 dez. 2011.

BRASIL. Instrução Normativa n. 76/77 de 26 de novembro de 2018. Aprova o Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Cru Refrigerado, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite Pasteurizado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, seção 1, n. 230, p.10, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa n. 68, de 12 de dezembro de 2006*. Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e Produtos lácteos. Brasília, DF: Departamento de Inspeção de Produto de Origem Animal, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Políticas públicas e privadas para o leite. Brasília, DF: Mapa, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>. Acesso em: 14 jun. 2023.

CAFE, T. M. *Análise crítica dos métodos de remoção de formaldeído de efluentes domésticos e industriais*. 2015. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2015.

CANÁRIO, A. C. de S. *et al.* Desenvolvimento e validação de método analítico para quantificação do teor de formaldeído por HPLC em leite. *Evidência Revista*, São Paulo, v. 23, n. 1, p.89-104, 2023.

CORDS, B. R.; DYCHDALA, G. R.; RICHTER, F. L. Cleaning and Sanitizing in Milk Production and Processing. *In*: MARTH, E. H.; STEELE, J. L. 2. ed. *Applied dairy microbiology*. New York: Marcel Dekker, 2001, p. 547-587.

DEPOIMENTOS revelam como funcionava fraude do leite. *Globo G1*, [s. l.], 2007. Disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL161409-5598,00-DEPOIMENTOS+REVELAM+COMO+FUNCIONAVA+FRAUDE+DO+LEITE.html>. Acesso em: 2 dez. 2021.

FIRMINO, F. C. *et al.* Detecção de fraudes em leite cru dos tanques de expansão da região de rio Pomba, Minas Gerais. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Minas Gerais, v. 65, n.376, p. 5-11, 2010.

FREITAS FILHO, J. R. *et al.* Caracterização físico-química e microbiológica do leite “in natura” comercializado informalmente no município de Garanhuns –PE. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, Paraná, v. 3, n. 2, p. 38-46, 2009.

FREITAS, L. F. *Fatores determinantes para a qualidade do leite e derivados*. Monte Carmelo: Editora UniFucamp, 2021.

GOULART, V. C. *et al.* Comparação de métodos qualitativos para a detecção de peróxido de hidrogênio em leite cru e UHT. *Comeia*, Patos de Minas, v. 1, n. 1, p. 51-60, 2019.

GRIZOTTI, G. Ministério Público faz operação contra adulteração de leite no RS. *Globo G1*, [s. l.], 2013. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/05/ministerio-publico-faz-operacao-contradulteracao-de-leite-no-rs.html>. Acesso em: 21 nov. 2024. INCA (Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva). Formol ou formaldeído. Rio de Janeiro: Inca, ano. Disponível em: http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?ID=795. Acesso: 20 dez. 2023.

INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia). *Orientações sobre Validação de Métodos de Ensaio Químicos*. Rio de Janeiro: Inmetro, 2003.

JENSEN, R. G. *Handbook of Milk Composition*. New York: Academic Press, 1995.

KARTHEEK, M.; SMITH, A. A.; MUTHU, A. K.; MANAVALAN, R. Determination of Adulterants in Food: A Review. *International Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 629-636, 2011.

LEITE JR, A. F. S.; TORRANO, A. D. M.; GELLI, D. S. Qualidade microbiológica do leite tipo C pasteurizado, comercializado em João Pessoa, Paraíba. *Revista Higiene Alimentar*, São Paulo, v. 14, n. 74, p. 45-49, 2000.

MACHADO, M. R. Pesquisadores desenvolvem sensor que identifica adulterantes em leite. *Jornal UFG*, Goiás, 2021. Disponível em: <https://jornal.ufg.br/n/137432-pesquisadores-desenvolvem-sensor-queidentifica-adulterantes-emleite#:~:text=Os%20pesquisadores%20criaram%20um,de%20amido%20e%20c> aseína. Acesso em: 1 out. 2024.

MULLER, T.; REMPEL, C. Qualidade do leite bovino produzido no Brasil – parâmetros físico-químicos e microbiológicos: uma revisão integrativa. *Vigilância Sanitária em Debate*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, 2021.

OLIEMAN, C. Detecting Taints from Cleaning and Disinfecting Agents. In: LELIEVELD, H. L. M.; MOSTERT, M. A.; HOLAH, J.; WHITE, B. *Hygiene in food processing*. Cambridge: Woodhead, 2003. p. 279-287.

OPERAÇÃO Leite Compensado 7 tem 16 presos e posto interditado no RS. *Globo G1*, Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/campo-elavoura/noticia/2014/12/operacao-leite-compensado-7-tem-16-presos-e-posto-interditado-nors.html>. Acesso em: 14 jun. 2023.

PAIVA, C. A. V. Instruções Normativas para Melhoria da Qualidade do Leite no Brasil. *REPI Leite: Rede de Pesquisa e Inovação em Leite*, Brasília, DF, 2018.

PAIXÃO, M. G. *et al.* Impacto econômico da implantação das boas práticas agropecuárias relacionadas com a qualidade do leite. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 5, n. 61, p. 612-21, 2014.

PEIXOTO, P.; BAPTISTA, R. Presa quadrilha acusada de adulterar leite. *Estadão*, [s. l.], 2007. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/noticias/geral,pf-prende-25-por-fraude-em-leite-longa-vida>. Acesso em: 14 jun. 2023.

PEREIRA, N. I. B. *et al.* Aplicação das boas práticas agrícolas na produção de leite. *Pubvet*, [s. l.], v. 5, n. 12, p. 1-8, 2018.

POLEGATO, E. P. S.; RUDGE, A. C. Estudo das características físico-químicas e microbiológicas dos leites produzidos por mini usinas da região de Marília – São Paulo/ Brasil. *Revista Higiene Alimentar*, São Paulo, v. 17, n. 110, p. 56-63, 2003.

RIBEIRO, L. F. *Fatores determinantes da qualidade do leite*. Minas Gerais: Editora Fucamp, 2021.

RODRIGUES, E.; CASTAGNA, A. A.; DIAS, M. T.; ARONOVICH, M. Qualidade do leite e derivados: Processos, processamento tecnológico e índices. *Niterói: Programa Rio Rural*, Rio de Janeiro, 2013.

ROSA-CAMPOS, A. A. *et al.* Avaliação físico-química e pesquisa de fraudes em leite pasteurizado integral tipo C produzido na região de Brasília, Distrito Federal. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, Brasília, DF, n. 379, v. 66, p. 30-34, 2011.

SANTA CATARINA. Ministério Público de Santa Catarina. Presos na Operação Leite Adulterado III são ouvidos pelo GAECO. Santa Catarina: Ministério Público de Santa Catarina, 2014. Disponível em: <https://www.mpsc.mp.br/noticias/presos-na-operacao-leite-adulterado-iii-sao-ouvidos-pelo-gaeco>. Acesso em: 6 dez. 2021.

SILVA, L. C. C. da. *Capacidade de detecção de adulterações e suficiência das provas oficiais para assegurar a qualidade do leite pasteurizado*. 2013. Tese (Doutorado em Ciência Animal) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2013.

SILVA, L. C. C. *et al.* Preservatives and neutralizing substances in milk: analytical sensitivity of official specific and nonspecific tests, microbial inhibition effect, and residue persistence in milk. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 45, n. 9, p. 1613-1618, 2015.

SILVA, R. A. B. *et al.* Rapid and selective determination of hydrogen peroxide residues in milk by batch injection analysis with amperometric detection. *Food Chemistry*, [s. l.], v. 133, n. 1, p. 200-204, 2012.

SIMONAGGIO, D. *et al.* Avaliação da eficiência da detecção da fraude por adição de peróxido de hidrogênio no leite. In: XXIV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2014, Rio Grande do Sul. *Anais [...]*. Rio Grande do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, 2014.

SOUZA, A. H. P. de. *et al.* Avaliação Físico-Química do leite UHT e pasteurizado comercializado na cidade de Londrina- PR. *Revista Brasileira de pesquisa em Alimentos*, Paraná, v. 1, n. 1, p. 39-42, 2010.



TIMM, C. D. Avaliação da qualidade microbiológica do leite pasteurizado integral, produzido em micro-usinas da região sul do Rio Grande do Sul. *Revista Higiene Alimentar*, São Paulo, v. 17, n. 106, p. 100-104, 2003.

TRONCO, V. M. *Manual para inspeção da qualidade do leite*. Santa Maria: Editora UFSM, 2008.

UBERTI, A.; PINTO, A. T. *O leite e suas principais fraudes*. Porto Alegre: Editora Científica Digital, 2022.

WANDERLEY, C. H. *et al.* Avaliação da Sensibilidade de Métodos Analíticos Para Verificar Fraude em Leite Fluido. *Revista de Ciências da Vida*, Rio de Janeiro, v. 33, n. 1, p. 54-63, 2013.

O ensino de energia na disciplina de Ciências utilizando exemplos práticos e referências do convívio doméstico do aluno

TEACHING ENERGY IN THE SCIENCE DISCIPLINE USING PRACTICAL EXAMPLES AND REFERENCES FROM THE STUDENT'S HOME LIFE

LA ENSEÑANZA DE ENERGÍA EN LA DISCIPLINA DE CIÊNCIAS UTILIZANDO EJEMPLOS PRÁCTICOS Y REFERENCIAS DE LA VIDA HOGAREÑA DEL ESTUDIANTE

Pedro Henrique Silva Santos

Universidade Federal do Piauí (UFPI)
pedro303@hotmail.com

Natália de Oliveira Melo

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
oliveiramelonatalia@hotmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho foi apresentar ferramentas e instrumentos inovadores relacionados ao tema da energia, para que possam ser usados pelos professores de Ciências ou de Física em sala de aula. A pesquisa se propôs a refletir e apresentar modos de adotar práticas pedagógicas em momentos de ensino a distância ou quando há recursos limitados na escola. O trabalho foi realizado com atividades norteadas pela metodologia Problem Based Learning (Aprendizagem Baseada em Problemas) com os alunos do oitavo ano do ensino fundamental na disciplina de Ciências na Escola Municipal Monsenhor Mateus Rufino – rede pública do município de Teresina/PI. Houve aulas com exposição de materiais multimídia, atividades e avaliações baseadas nos objetos e nas vivências dos alunos. Os recursos práticos buscaram aliar o conteúdo trabalhado à realidade dos alunos. Nesse sentido, destaca-se a importância de oferecer aos professores novas metodologias e estratégias de ensino. No entanto, é fundamental observar que nem sempre é preciso adotar soluções mais modernas, com estratégias que envolvam tecnologias complexas, pois o professor pode dispor de instrumentos simples, integrados à vivência ou à realidade do estudante. Em situações desafiadoras, como em uma pandemia, o professor deve estar preparado para ser criativo e esperto na hora de decidir quais instrumentos utilizar para ensinar.

Palavras-chave: eletricidade; energia; ciências; ensino; metodologia.

Abstract

This work aimed to present innovative tools and instruments related to the theme of energy, so that they can be used by science or physics teachers in the classroom. The research suggests a reflection and present ways of adopting pedagogical practices during distance learning or when there are limited resources at school. The work was carried out with activities guided by the Problem-Based Learning methodology with eighth-year elementary school students in the Science discipline at Escola Municipal Monsenhor Mateus Rufino – a public school in Teresina-PI. Classes were held using multimedia materials, activities, and assessments based on the objects and the students' experiences. The practical resources regard the students' reality and always seek to combine the content worked with the reality



the student lives with. Therefore, it is important to always create new teaching methodologies and strategies available to teachers, but it is worth noting that it is not always necessary to look for more modern solutions using strategies that involve complex technologies, as the teacher can use simple instruments that are embedded in the experience or student reality. In challenging situations, such as a pandemic, the teacher must be prepared to be creative and clever when deciding which tools to use to teach.

Keywords: electricity; energy; sciences; teaching; methodology.

Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar instrumentos y herramientas innovadoras y posibles para que el docente de Ciencias o Física pueda utilizar en el aula al abordar el tema de la energía durante el año escolar. La investigación se propuso a reflexionar y presentar formas de adoptar prácticas pedagógicas durante la educación a distancia o cuando hay recursos limitados en la escuela. El trabajo se realizó con actividades guiadas por la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas con estudiantes de octavo año de la enseñanza básica de la disciplina Ciencias de la Escola Municipal Monsenhor Mateus Rufino – escuela pública del municipio de Teresina-PI. Hubo clases con exposición de materiales multimedia, actividades y evaluaciones que tienen en cuenta los objetos y experiencias de los estudiantes. Los recursos prácticos tuvieron en cuenta la realidad de los estudiantes y buscaron siempre combinar el contenido trabajado con la realidad que vive el estudiante. Por lo tanto, es importante poner siempre a disposición de los docentes nuevas metodologías y estrategias de enseñanza, pero cabe señalar que no siempre es necesario buscar soluciones más modernas utilizando estrategias que involucren tecnologías complejas, ya que el docente puede utilizar instrumentos sencillos que ya están arraigados en la experiencia o realidad estudiantil. En situaciones complicadas, como una pandemia, el docente debe estar preparado para utilizar la creatividad y la astucia a la hora de aprovechar qué instrumentos utilizará para enseñar.

Palabras clave: electricidad; energía; ciencias; enseñando; metodología.

Introdução

O ensino de Ciências é importante para as diretrizes curriculares do ensino fundamental, visto que é um conteúdo obrigatório no currículo nacional, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Nesse sentido, a própria BNCC discrimina as habilidades a serem adquiridas durante o período letivo, as quais estão relacionadas não só com a aquisição de conhecimentos, mas também com a capacidade do aluno em utilizar esses conhecimentos para observar e entender o mundo – ou seja, possibilita que ele perceba melhor o que acontece ao seu redor, tendo informações que o permitam compreender os fenômenos naturais e sociais, bem como utilizar tais conhecimentos na pesquisa e no trabalho (Brasil, 2018).

No que diz respeito ao ensino de Ciências, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) defendem que durante o ensino básico o estudante deve obter conhecimentos e informações sobre o desenvolvimento sustentável e a saúde. Com efeito, os PCNs estabelecem a importância de os estudantes compreenderem o uso saudável dos recursos naturais junto com o progresso do país. Desse modo, conforme as diretrizes dos PCNs, o ensino de Ciências tem em seu currículo o trabalho com conteúdos que promovam debates e reflexões sobre o uso dos recursos naturais, como a produção de energia elétrica e utilização de combustíveis fósseis para a produção de energia elétrica, o aquecimento ou o funcionamento de máquinas e de veículos (Brasil, 2000).

Diante disso, o conteúdo sobre energia é trabalhado para a disciplina de Ciências no eixo temático de Matéria e Energia, de modo que tal assunto no ensino médio deve ser trabalhado mais especificamente na disciplina de Física – eletrodinâmica, eletrostática, transformação de energia, dinâmica, eletromagnetismo.

O presente trabalho buscou alinhar a teoria com uma vivência prática para o ensino de Ciências, uma vez que a prática é uma forte aliada para a assimilação de informações e conhecimentos, bem como para o estímulo à aprendizagem. Dessa forma, um profissional da educação pode utilizar as ferramentas e tecnologias para melhorar a metodologia em sala de aula, que geralmente é baseada apenas em uma temática expositiva.

O trabalho expositivo é predominante na sala de aula, de maneira que os alunos acabam ficando limitados ao sistema, o que torna a vida escolar cansativa e desmotivante. Por outro lado, a inserção de novas tecnologias no cotidiano escolar é capaz de mudar esse paradigma, isto é, de tornar as aulas mais dinâmicas, práticas e motivantes (Behrens, 2000).

O psicólogo David Ausubel desenvolveu a teoria da aprendizagem significativa, baseando-se na construção a partir do conhecimento que os alunos já possuíam. Nessa perspectiva, o autor descreve o conceito de subsunção, que se encontra na estrutura cognitiva do ser humano. Com efeito, ele se baseia na relação de uma informação inédita com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. A simples memorização não tem um efeito tão potencializado quanto a aprendizagem mais significativa; por isso, não causa o encantamento nem o afloramento da curiosidade. Propostas e ações com ideias didaticamente mais bem elaboradas e dinâmicas vão fazendo com que as informações sejam assimiladas sistematicamente pelos estudantes (Ausubel; Novak; Hanesian, 1978).

Desse modo, a aprendizagem significativa acontece quando novas informações são ancoradas em conceitos relevantes. Cabe salientar que é importante ter ciência da qualidade do material usado, que deve ter aplicações lógicas. Por outro lado, não basta apenas ter ação dos professores ou dos profissionais da escola, os alunos precisam apresentar uma predisposição em aprender o assunto ministrado, incluindo, nesse campo, o ensino de Ciências, especificamente do conteúdo de energia, foco deste trabalho (Carvalho; Hernandez, 2019).

Nesse contexto, Ausubel (2000) introduz os chamados organizadores avançados, mecanismos pedagógicos que estabelecem uma conexão lógica entre o conhecimento prévio dos alunos e o novo conteúdo a ser aprendido. Assim, uma estruturação clara de conceitos, instruções e informações relevantes facilita o entendimento e a aplicação do conhecimento. Na área de ciências da natureza, esse método é crucial para realizar tal feito, pois a simples exposição de conteúdos e repetição verbal pode ser cansativa e, muitas vezes, menos eficaz quando comparada a propostas pedagógicas mais inovadoras.

O ensino de energia é estruturado considerando os diversos ramos da ciência. Assim, mesmo no ensino fundamental, em que há um nível de conteúdo menos complexo que no ensino médio, deve haver uma interação entre várias disciplinas e sempre é importante destacar os conceitos da biologia, da química e da física. Nesse prisma, a ciência tanto no seu percurso histórico como no seu desenvolvimento organizado para o ensino, tem intersecções com as outras áreas do conhecimento, por exemplo, é impossível dissociá-la da filosofia (Pereira, 2018).

Diante disso, cabe pensar como trabalhar o assunto de energia de modo mais próximo dos alunos utilizando suas vivências e seus espaços. Como utilizar a sua realidade, o seu convívio doméstico e escolar como instrumento de aprendizagem



prática. Cabe refletir, como trazer ao aluno uma vivência de ciências na sala de aula presencial e à distância, como proporcionar exemplos e atividades práticas na área de energia, como fazer o aluno observar o mundo em volta e compreender, bem como se aproximar das tecnologias inseridas em seu cotidiano. Nesse caso, pode-se questionar se é possível garantir uma educação plena com ferramentas didáticas em situações como a de uma pandemia, assim como se perguntar quais ferramentas básicas, frequentemente deixadas de lado no cotidiano dos professores, poderiam ser mais bem aproveitadas.

Por conseguinte, é preciso avaliar o modo como os professores podem trabalhar as tecnologias para o entendimento de uma maneira mais profunda, e não apenas quais são as suas funções, tais como as estruturas de transmissão de energia elétrica e de instalações elétricas e os medidores de consumo residenciais. O trabalho se propõe a discorrer sobre os recursos práticos do cotidiano, apresentando exemplos e o modo como eles foram utilizados.

Metodologia

A pesquisa em questão foi de abordagem qualitativa descritiva. O trabalho realizado apresenta discussões e experiências sobre a temática energia no ensino de Ciências fundamentada pela BNCC e pelo Currículo de Teresina/PI. O ponto crucial do trabalho é a busca e a realização da interligação dos conceitos com situações e problemas do cotidiano.

O trabalho foi realizado com atividades norteadas pela metodologia Problem Based Learning (Aprendizagem Baseada em Problemas). A disciplina ministrada foi a de Ciências no 8º ano do ensino fundamental da Escola Municipal Monsenhor Mateus Rufino – escola de tempo integral (matutino e vespertino) da rede pública do município de Teresina/PI. A escola se localiza na zona sul de Teresina, no bairro Catarina, e tem turmas do ensino fundamental anos iniciais e finais.

Nesse contexto, este trabalho foi elaborado durante o ano letivo de 2021 da rede municipal de Teresina, com início no dia 1º de março. A Secretaria de Educação adotou o regime híbrido, as aulas foram totalmente a distância – pela internet e televisão – até o encerramento do primeiro semestre, entretanto houve a troca de material físico entre professores e alunos, especialmente para aqueles que não tinham acesso à internet. Tanto as aulas on-line quanto as transmitidas pela televisão tiveram material impresso a ser distribuído, além de diretrizes, orientações e exercícios do livro e de outros materiais.

A turma do 8º ano tinha 26 alunos, 10 do sexo feminino e 16 do sexo masculino – 21 deles tinham acesso à internet, assim podiam acompanhar o Mobifamília. O conteúdo sobre energia está no cronograma curricular do segundo bimestre – maio e junho –, com a avaliação sendo feita no mês de julho.

A metodologia Aprendizagem Baseada em Problemas busca, mediante a utilização de problemas reais da vida, promover e fomentar o desenvolvimento das capacidades de raciocínio, criatividade e abstração de situações. Nesse caso, o aluno é desafiado a aplicar as informações e os conhecimentos adquiridos em sala de aula e fora dela para resolver situações, ou seja, utilizar conceitos, teorias e experiências para encontrar soluções aos desafios propostos na resolução de atividades – como exercícios, debates, seminários, feiras de ciências – ministradas no período letivo (Borochovicus; Tortella, 2014).



Dessa maneira, o presente estudo utilizou a referida metodologia aplicando diversos problemas e utilizando variados recursos, tanto fora da internet quanto conectados a ela, uma vez que, para que ocorra a aprendizagem de ciências de maneira efetiva, é preciso que os estudantes encontrem desafios; e, por conseguinte, desenvolvam um entendimento mais profundo dos significados nas mais variadas representações. Assim sendo, é preciso trabalhar diversas linguagens dos conceitos e processos científicos, além disso os alunos devem estar aptos para transformar e coordenar as representações nelas enredadas e abrangidas pelo conhecimento científico (Laburú; Zompero; Barros, 2013).

Recursos utilizados no ensino a distância

Aqui serão apresentados os recursos da pesquisa, as formas de trabalho, seu embasamento e dinâmica, demonstrando o trabalho de exposição de conteúdos pelos canais de comunicação disponíveis aos alunos – principalmente o Mobifamília e o Whatsapp. Serão apresentados também os principais canais utilizados da plataforma YouTube e as estratégias de ensino prático, levando em consideração a realidade dos estudantes da turma.

Considerar a aprendizagem significativa ao propor esta pesquisa foi o passo inicial para elaborar um trabalho educacional que utilizasse não só o arcabouço de conhecimento dos professores, mas também levasse em conta o que os alunos sabem e entendem. Propõe-se, assim, utilizar os espaços de convivência dos alunos como instrumentos de aprendizagem, de modo que, ao abordar o tema da energia, os professores possam citar exemplos reais de como esse assunto é inserido na sociedade.

Algumas pesquisas que se guiaram pela ótica da aprendizagem significativa demonstram a importância dessa teoria para a experiência do ensino e da aprendizagem em sala de aula (Andrade; Silva; Oliveira, 2020; Silva; Melo, 2021; Santos; Vladimir Junior; Melo, 2021). Portanto, é essencial que os professores tenham consciência de que os alunos podem resgatar esses exemplos de suas memórias ou buscar conhecê-los quando surgir a oportunidade.

De acordo com a teoria de aprendizagem significativa, o professor deve identificar o que os alunos já detêm de conhecimento e a partir dessa análise desenvolver as atividades que se proponham a ancorar os novos conhecimentos nos subsunçores já existentes, propondo uma interação entre o que já se sabe e o que quer que se saiba. Essa avaliação pode ser feita de inúmeras formas, desde que esteja de acordo com os requisitos da metodologia imposta pela aprendizagem significativa. No intuito de proporcionar essa avaliação e promover aprendizagem significativa aos estudantes, o conceito de mapa conceitual veio agir como ferramenta facilitadora para esse caminho (Carvalho; Hernandes, 2019, p. 204).

Para Laburú, Zompero e Barros (2013), em estudos baseados principalmente em Vygotsky, o pensamento ganha corpo em decorrência de várias representações semióticas, as quais se apresentam em linguagens diversas e modos de representação existentes na história humana. Cada uma delas tem suas potencialidades e atributos próprios e, com isso, contribui para garantir novas perspectivas às ideias que são percebidas e assimiladas cognitivamente. Dessa forma, os conceitos são

fortalecidos pela convergência de diferentes fontes, que desempenham, assim, papéis pedagógicos.

Da mesma maneira que a prosa e a poesia são duas formas muito diferentes quanto à função e aos meios que utilizam, as representações têm natureza multifuncional; cognitivamente falando, portanto, vêm a contribuir quanto às funções e papéis pedagógicos (Laburú; Zompero; Barros, 2013, p. 20).

A proposta dessa teoria é auxiliar os professores para que possam organizar seu trabalho sempre fundamentados no que os alunos já aprenderam, seja dentro da escola, seja fora dela. Dessa maneira, conseguem analisar o conhecimento dos alunos e estabelecer estratégias que conectam os conhecimentos existentes aos que serão desenvolvidos na aula, ao mesmo tempo que trabalham com conteúdos transversais.

A esse respeito, o Quadro 1 elenca as habilidades e os objetivos que devem ser desenvolvidos, considerando não apenas o conhecimento do conteúdo para responder às questões da prova, mas também o conhecimento prático e a análise da realidade mundial, nacional, regional e local. Ademais, o currículo do ensino fundamental para as escolas públicas municipais ainda especifica a necessidade de se trabalhar as características do Piauí, requerendo o trabalho sobre a geração de energia no estado e aproximando o aluno com a vivência do que está sendo abordado (Teresina, 2018).

2º BIMESTRE			
UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DO CONHECIMENTO	HABILIDADES	OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)
MATERIA E ENERGIA	ENERGIA FONTES E TIPOS DE ENERGIA TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA ENERGIA ELÉTRICA CONCEITO E APLICAÇÕES CÍRCULOS ELÉTRICOS CONSUMO E USO CONSCIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA	(EF8CI07) Identificar e classificar diferentes fontes de energia (renováveis e não renováveis) e os tipos utilizados em residências, comunidades ou cidades.	
		(EF8CI08) Avaliar a utilização de energias alternativas considerando seus impactos ambientais.	
		(EF8CI09) Caracterizar as diferentes formas de transformação (conversão) de energia.	
		(EF8CI10) Classificar equipamentos elétricos residenciais (chuveiro, ferro, lâmpadas, TV, rádio, geladeira etc.) de acordo com o tipo de transformação de energia (da energia elétrica para a térmica, luminosa, sonora e mecânica, por exemplo).	
		(EF8CI11) Construir modelos sobre o funcionamento dos circuitos elétricos e associá-los aos sistemas residenciais.	
		(EF8CI12) Calcular o consumo de eletrodomésticos a partir dos dados de potência (descritos no próprio equipamento) e tempo médio de uso para avaliar o impacto de cada equipamento no consumo doméstico mensal.	
		(EF8CI13) Propor ações coletivas para otimizar o uso de energia elétrica em sua escola e/ou comunidade, com base na seleção de equipamentos, segundo critérios de sustentabilidade (consumo de energia e eficiência energética) e hábitos de consumo responsável.	
(EF8CI14) Discutir e avaliar as usinas de geração de energia elétrica, especialmente as usinas hidrelétrica, solar e eólica, presentes no Estado do Piauí, suas semelhanças e diferenças, seus impactos socioambientais, e como essa energia chega e é usada em sua casa, escola, comunidade, cidade.			

Quadro 1 - 2º bimestre do currículo de Teresina

Fonte: Currículo Teresina.

Energia é um conceito extremamente importante e central para as áreas das ciências da natureza. É vital, por exemplo, para a Biologia tratar da energia luminosa e química, uma vez que o processo de fotossíntese é justamente a transformação dessas energias em moléculas que são geradas para o uso de energia química no processo de respiração, de modo que o sol é o principal fornecedor de energia luminosa e a glicose

é uma das principais moléculas que, no processo de glicólise e respiração, tornar-se a fonte de energia química, visto que dará origem a moléculas de ATP (Adenosina trifosfato). Por essa razão, entender sobre a energia é uma base para a ciência, sendo algo imprescindível para fundamentar as explicações para os fenômenos que ocorrem na natureza, como a questão da energia potencial gravitacional, que pode se transformar em energia cinética em virtude da gravidade em uma situação de um objeto em queda livre. Além disso, em relação às partículas subatômicas, os estudos e conceitos de energia potencial elétrica são essenciais para compreender processos como: corrente elétrica e ligações químicas. Nesse sentido, de acordo com Souza:

O conceito de energia é um dos mais centrais das ciências naturais. Ele é empregado em praticamente todas as áreas das ciências naturais, como a física, a química e a biologia. Para a Física, em particular, possui uma importância fundamental: grande parte dos modelos e teorias da física são fundamentados nesse conceito (Souza, 2015, p. 7).

No complexo ensino sobre energia, há a necessidade de apresentar os processos que envolvem as transformações de energia, como as transformações entre energia química, luminosa, elétrica, mecânica, térmica e nuclear. Com base nisso, é possível abordar os fenômenos da natureza e os processos de geração de energia elétrica.

A principal área abordada na presente pesquisa é a energia elétrica, assunto chave do bimestre. No entanto, esse tema é indissociável das outras energias e de outras disciplinas, visto que os processos de geração de energia elétrica em larga escala, que abastecem a rede pública, ocorrem por meio das transformações de energia. Além disso, para entender esses processos é preciso conhecer a constituição química da matéria, ou seja, as características dos elementos da natureza. O processo da corrente elétrica, cuja base se fundamenta na transferência de cargas, é um exemplo claro de que, para tratar desse assunto, antes é necessário desenvolver trabalhos sobre as partículas que formam os elementos químicos.

Ademais, tratando-se de energia elétrica, não se pode dissociá-la das relações humanas em sociedade e com os ecossistemas, visto que há impactos do modo de vida humano no trato com o meio ambiente. Segundo Pereira:

é importante ressaltar uma prática educativa que promova interações de conceitos, mostre as relações de interdependência dos seres humanos com os demais seres vivos no ecossistema bem como as implicações ambientais, sociais, políticas, econômicas e éticas nas produções e consumo de Energia (Pereira, 2018, p. 25).

A energia elétrica é uma forma originada da energia potencial elétrica, que é um tipo de energia proveniente de corrente elétrica. Para tanto, é preciso que haja uma diferença de potencial (DDP) ou tensão elétrica entre dois pontos em um meio ou material condutor. Diante desse fato, há um fluxo de elétrons em um condutor. Essa energia pode ser obtida a partir de outras energias, como mecânica, química, atômica e térmica. Dessa maneira, o ser humano adquiriu mecanismos de transformação de energias, apresentando diversos tipos de fontes de geração de energia elétrica: hidrelétrica, solar, eólica, nuclear, geotérmica, maremotriz e térmica, com instalações de termoelétricas por meio da queima de combustíveis.

A energia elétrica está imersa no cotidiano dos estudantes, e cabe aos professores desenvolver o conhecimento das teorias base da Ciência e abordar assuntos imprescindíveis para que os alunos possam entender o mundo em que vivem. É importante trazer para a aula as relações que os discentes têm com equipamentos elétricos, como os eletrodomésticos.

De acordo com Morin (2010), é crucial realizar contextualizações, pois isso ajuda na compreensão do aluno, uma vez que é difícil o entendimento quando as informações estão fora de contexto. Os estudantes devem conseguir analisar e tomar decisões em qualquer evento em que estejam, para tanto precisam ser capazes de realizar abstrações e construções lógicas utilizando as informações e os conceitos aprendidos.

Na presente pesquisa, o principal meio de trabalho com os alunos foi o aplicativo Mobifamília, da plataforma Mobieduca, empresa privada contratada pela prefeitura de Teresina. Nesse aplicativo, os alunos acessam as aulas, atividades e avaliações, e os professores têm a possibilidade de repassar documentos (em formatos como o PDF), áudios, imagens e links (como os links de vídeos do YouTube). Além disso, os professores têm, nessa plataforma, visões gerais e detalhadas sobre o seu trabalho, uma vez que o sistema consegue organizar a quantidade de aulas e suas características, bem como verificar a participação dos alunos, isto é, a frequência e a entrega de atividades e de avaliações.

Ressalta-se, inclusive, que na plataforma foram disponibilizados links do YouTube com aulas gravadas pelo professor, coautor do presente artigo, e vídeos com conteúdos educativos e informativos – com ou sem animações de canais diversos. Desse modo, os alunos tiveram contato com o tema da energia, sendo o enfoque maior dado para a energia elétrica, de maneira que a energia mecânica era citada geralmente para explicar os processos de geração de energia elétrica.

Os canais do YouTube foram direcionados por meio de links, e os alunos foram incentivados a assistir não apenas aos vídeos indicados, mas também a navegar pelo canal e escolher outros vídeos para acompanhar. Na seleção dos vídeos, priorizaram-se conteúdos com exemplos práticos e conceitos relevantes, ou seja, aqueles que faziam referência ao cotidiano ou à realidade social dos alunos.

Canais de YouTube trabalhados em sala de aula

Canal Elétrons Livres

É um canal que trabalha especialmente com o público de nível técnico e superior; no entanto, vários vídeos são de fácil compreensão e utilizam conceitos e ferramentas que são encontradas no dia a dia do aluno ou que se relacionam com sua realidade. Os vídeos foram importantes para a compreensão de diferença de potencial, das ferramentas de segurança e do funcionamento de eletrodomésticos (Figura 1). Ressalta-se que os alunos não foram incentivados a praticar ou tentar imitar sozinhos o que aprenderam no vídeo, na verdade, foram alertados a não realizar atos que envolvessem instalações elétricas e a não manusear materiais perigosos, como lâmpadas.



Figura 1 - Canal Elétrons Livres

Fonte: Acervo próprio (print da plataforma no YouTube).

Animação Viagem na Eletricidade

Um filme utilizado foi a animação *Viagem na Eletricidade*, um desenho animado francês chamado *Voyage em Electricite*, que foi dublado em português. O acesso a esse conteúdo está disponível na internet em diversas plataformas, como o YouTube. A animação é bem didática e de ótima qualidade, o que chama atenção dos jovens, além de ter uma dinâmica excelente de transmissão de informação ao mesmo tempo que entretém quem a assiste.

Com efeito, seu conteúdo, embora extenso em totalidade, é simples e de fácil compreensão para quem é leigo. Ele é dividido em 26 episódios, dando no total um pouco mais de duas horas de exibição. Foi indicado para que os alunos assistissem apenas a 8 episódios (do 1 ao 8), que correspondem aos assuntos trabalhados no ano.

1. As fontes da corrente;
2. Entre menos e mais;
3. Os três mosqueteiros;
4. Corrente alternada;
5. A arte de cortar os fios em quatro;
6. Volts para ir mais longe;
7. Energia Elétrica;
8. Eletricidade e água.

O Incrível Potinho Azul

Um canal com animações que aborda conceitos das disciplinas de Física, Química e Biologia de modo simplificado e didático. Seu principal recurso é a utilização de animações gráficas nos vídeos. A maioria dos vídeos do canal se encaixam perfeitamente no nível exigido no ensino de Ciências do ensino fundamental nos anos finais: 6º ano ao 9º ano. Os alunos foram direcionados para assistirem aos vídeos sobre conhecimentos chave para o entendimento do conteúdo – como explicações sobre o que é o átomo e suas características, havendo a explicação das partículas que o compõem: próton, nêutron e elétron.

Nesse contexto, o canal foi utilizado para garantir um embasamento teórico do conteúdo, que, mesmo sendo muito abstrato, é bem trabalhado nos vídeos, pois cita referências que o aluno conhece. Nesses vídeos é explicado o que é o átomo e

quais são as principais partículas subatômicas: prótons, nêutrons e elétrons. Dessa maneira, o material prepara o estudante para compreender que o núcleo é formado por prótons de carga positiva e nêutrons, além disso promove a compreensão de que a eletrosfera é onde os elétrons se movimentam ao redor do núcleo.

Desse modo, é repassado que os elétrons são partículas de carga negativa que estão em movimento na eletrosfera e podem se desprender, afastando-se do núcleo até perder o contato, assim acabam transformando o átomo em um íon positivo (cátion). Por outro lado, um elétron livre pode se ligar a um átomo e formar um íon negativo (ânion), quer dizer, o átomo ganha um elétron a mais.



Figura 2 - Canal o Incrível Pontinho Azul

Fonte: Acervo próprio (print da plataforma no YouTube).

Recursos práticos utilizados

Apenas observação

Instalação doméstica ligada aos postes da rede pública, existência de três ou mais fios de transmissão nos postes

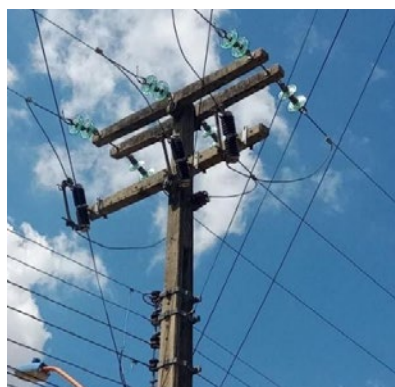


Figura 3 - Poste de energia na cidade de Teresina

Fonte: Acervo próprio.

A Figura 3 foi utilizada em sala de aula com o intuito de mostrar que os postes de energia presentes nas ruas de Teresina pertencem à rede pública de distribuição e que servem para promover o funcionamento de energia nas residências dos alunos. Dessa forma, os alunos, que tanto veem essas estruturas na cidade, entenderam como isso

interfere em suas vidas. Tal observação é importante para destacar a diferença de potencial e a existência de vários fios nos postes. Inclusive, também aprenderam os cuidados de prevenção de acidentes com postes de energia, tais como os cuidados na poda de árvore, a proibição de atividades com pipas e balões e a proibição de instalações irregulares.

Disjuntor ou fusível na instalação da casa
(geralmente estão juntos do contador de energia)

Trabalhou-se em aula os disjuntores com o intuito de mostrar o equipamento de segurança que foi explicado anteriormente, sem que o aluno tocasse ou fosse incentivado a tocar. Esses equipamentos são um exemplo de como o estudante utiliza um aparelho que estuda na escola e não sabia que utilizava, demonstrando um aprendizado prático e que atrai a curiosidade do estudante em saber como aquele aparelho que está na sua residência funciona. O disjuntor é bastante encontrado nos contadores de energia, enquanto o fusível é comum em filtros de linha, também conhecido como protetor de linha e informalmente chamado de extensão. A partir da exposição do conteúdo e do exemplo prático é possível garantir aos alunos a compreensão de que esses instrumentos impedem a passagem de uma corrente elétrica extremamente alta, que pode provocar acidentes e desastres.

Existência de tomadas de três pinos



Figura 4 - Tomada de três pinos em uma residência
Fonte: Acervo próprio.

Com a Figura 4 foi possível desenvolver uma prática que serve para relacionar com as características da distribuição de energia, com a existência da distribuição trifásica e a colocação do fio terra de proteção, uma vez que a principal razão da aplicação desse modelo de tomada foi a inserção desse mecanismo de segurança. Há também a importância de associar as tomadas com a instalação elétrica da residência, a energia da rede pública e os eletrodomésticos.

Houve também uma explicação sobre o problema de se utilizar demasiadamente instrumentos que ampliam a quantidade de entradas em uma tomada, isto é, um multiplicador de tomadas, como um benjamin elétrico – conhecido também como T,

extensão, fichas. O uso demasiado desses aparelhos pode causar uma sobrecarga por excesso de corrente.

Observação e prática

- Leitura do medidor de energia (sem tocar na fiação ou em algo da rede elétrica da casa ou da rede de distribuição)



Figura 5 - Medidor de energia em residência de Teresina
Fonte: Acervo próprio.



Figura 6 - Interruptor do medidor de energia
Fonte: Acervo próprio.

Essa leitura (figura 5 a 6) serve para que os alunos se familiarizem com os termos utilizados no estudo da energia elétrica – voltagem, potência, quilowatts hora (kWh) – e compreendam como são seres ativos na sociedade, uma vez que sua existência impacta o consumo de energia elétrica.

Além do mais, os alunos conseguem entender como ocorre o cálculo do consumo de energia e o valor da conta informado pela empresa que fornece o serviço de distribuição de energia elétrica. Os alunos aprendem em sala de aula sobre os circuitos elétricos, as instalações residenciais, a funcionalidade do interruptor, do disjuntor e do fusível. Diante disso, ao observar o medidor, deparam-se com um exemplo físico e real da sua vivência, em que geralmente há um dispositivo de segurança em cada um deles, o disjuntor.

O aluno aprende a ler o medidor e a realizar o cálculo utilizando a simples fórmula abaixo:

$$\text{Energia (kWh)} = \text{Potência(kW)} \times \text{Tempo (h)}$$

$$\text{Valor da conta de energia (R\$)} = \text{Energia (kWh)} \times \text{Valor em real por cada kWh (R\$)}$$

- Utilização de arames para verificar o processo de eletrização



Figura 7 - Fio de arame e palha de aço

Fonte: Acervo próprio.

Esse processo (Figura 7) serve para demonstrar a condutividade elétrica dos fios metálicos, que possuem elétrons com mobilidade para se movimentarem através do material condutor. Com efeito, os alunos também aprendem o processo de eletrização estática por meio do atrito de um arame com uma palha de aço, de maneira que essa experiência demonstra a transferência de cargas elétricas entre materiais diferentes.

É muito comum as escolas fazerem isso utilizando um balão, conhecido como bexiga inflável de festas, que é atritado com cabelo por alguns segundos e, logo depois, colocado perto de um papel de caderno picado, assim ocorre uma atração dos pedaços de papel para o balão.

- Pilhas



Figura 8 - Pilhas e uma lanterna

Fonte: Acervo próprio.

Ademais, também foi realizada a prática com pilhas domésticas (Figura 8) para verificar a utilização delas em aparelhos eletrônicos – como em controles remotos –, de modo que, durante a explicação, trabalhou-se com informações sobre como os polos devem ser colocados para que haja uma diferença de potencial para o pleno funcionamento do circuito fechado. As pilhas domésticas são bem didáticas para demonstrar a diferença de potencial, posto que muitas delas têm explícitas as indicações dos polos (negativo e positivo) e a forma de colocação desses polos interfere no funcionamento do aparelho, assim os alunos reforçam conhecimentos aprendidos e compreendem as tecnologias envolvidas em aparelhos domésticos.

- Reflexão sobre a economia de energia em alguns eletrodomésticos

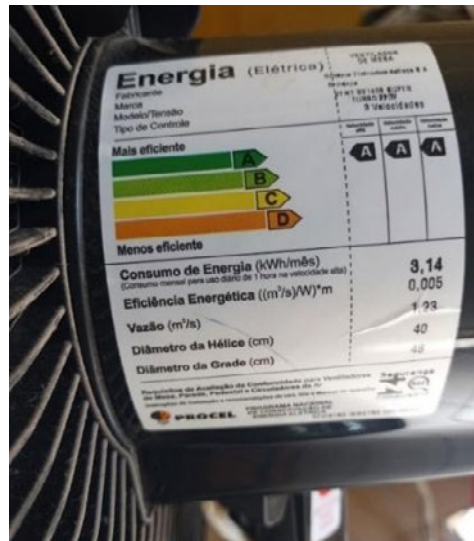


Figura 9 - Ventilador com tabela de consumo de energia

Fonte: Acervo próprio.

Atividade prática em que os alunos observaram o ventilador (Figura 9) e debateram com o professor e com os pais as maneiras de economizar energia aprendidas nas aulas. As principais atividades abordaram o funcionamento de aparelhos ligados em uso e o consumo que eles geram. Dessa forma, os alunos ponderaram sobre como fazer uso consciente dos aparelhos domésticos, acionando-os apenas quando necessário.

Houve um destaque para a geladeira, discorrendo sobre os efeitos da má gestão desse equipamento – inserção de roupas molhadas nas grades ou serpentinas, posicionamento da geladeira em locais sem espaço de circulação de ar e troca de calor, excesso de objetos dentro dela, aberturas desnecessárias de suas portas e a demora de mantê-las abertas. Além disso, também foram dadas instruções de como adquirir um aparelho eletrodoméstico mais econômico e verificar o selo e a etiqueta do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), que apresenta as características do aparelho (voltagem, marca do fabricante), a qualidade e a eficiência. Tal prática é interessante para trabalhar a questão da potência.

Lâmpadas

O exemplo das lâmpadas é um recurso muito utilizado no livro didático, pois é bastante educativo e tem uma proximidade com a realidade dos alunos. Na prática, os alunos observaram a questão do circuito fechado e aberto por meio do processo de ligamento e interrupção pelo acionamento da tomada. Além disso, aprenderam sobre as diferentes lâmpadas (incandescente, fluorescente, LED) e suas consequências no consumo de energia. Com isso, os estudantes assimilaram os conteúdos sobre circuitos, conta de energia, potência e tecnologias de lâmpadas de maneira segura e de fácil compreensão, já que se trata de uma atividade prática, acessível e de simples realização.



Livro didático

O livro utilizado durante o ano letivo foi *Ciências Naturais: Aprendendo com o cotidiano*, que apresenta excelentes contextualizações e exemplos com desenhos bem dinâmicos e simples, o que é importante para um assunto tão cheio de conceitos e que confunde os estudantes, mesmo sendo tão presente na vida das pessoas. O livro aborda principalmente a questão das instalações elétricas e do fluxo da corrente elétrica, além de detalhar as formas de geração de energia elétrica, fazendo a diferenciação das energias renováveis e não renováveis (Canto; Leite, 2019).

A leitura do livro, com explicações dos desenhos e resolução de exercícios, foi suficiente para trabalhar com as habilidades do currículo, deixando apenas a habilidade (EF8CI14) – apresentada na Figura 1 – para uma aula extra separada, com envio de fotos, links, textos e áudios com informações pelo Whatsapp e o Mobifamilia.

Considerações finais

O principal ponto deste trabalho não foi analisar o resultado avaliativo dos alunos, mas sim propor práticas utilizando instrumentos e ferramentas que fazem parte da realidade de um aluno brasileiro no ensino de Ciências. O intuito não foi apenas orientar outros professores, mas também instigar uma reflexão sobre a importância de aproximar o estudante a uma vivência prática dos conteúdos aprendidos em sala de aula, seja presencial ou à distância. Nesse sentido, destacamos como o uso das tecnologias é fundamental para a realização de um trabalho de excelência na educação. Assim, este trabalho constitui um exercício prático, um relato empírico de como utilizar elementos do cotidiano no processo educacional.

É importante destacar que os temas tratados neste trabalho foram reforçados no decorrer do ano letivo. Nesse sentido, buscou-se consolidar a compreensão dos alunos sobre os tipos de energia e suas transformações, bem como sobre a área da eletricidade – geração, circuitos elétricos, distribuição, entre outros.

Nesse contexto, cabe salientar que o professor manteve contato durante as entregas de trabalhos e de atividades presenciais, bem como durante conversas no Whatsapp e no Mobieduca/Mobifamilia, tornando, desse modo, o processo de ensino mais amplo e aproximando os agentes envolvidos, mesmo em uma situação adversa que exija o ensino a distância.

A energia elétrica foi a principal área estudada, conforme orientação da BNCC e do Currículo de Teresina, além do livro didático utilizado. Os alunos foram capazes de responder satisfatoriamente a perguntas simples e complexas sobre a energia e mostraram discernimento quanto à importância de ter um pensamento crítico e reflexivo sobre a energia elétrica e o meio ambiente na sociedade em que vivemos. De maneira que não podemos dissociar a assimilação deste conteúdo sem observar e refletir sobre os impactos ambientais de nosso comportamento com o mundo.

A partir disso, foi observado que é imprescindível estar sempre atualizando os professores sobre novas metodologias e instrumentos didáticos que contribuem para o ensino escolar, porém cabe destacar que nem sempre é preciso buscar soluções mais modernas, com estratégias que envolvam tecnologias complexas, visto que há momentos, como em uma pandemia, em que os professores precisam improvisar, ser criativos e buscar alternativas com ferramentas mais simplificadas.

À vista disso, o presente artigo buscou demonstrar que, embora mais simplificados, esses recursos podem conter profundidade de conteúdo, ao mesmo tempo que proporcionam uma atividade dinâmica, capaz de motivar os discentes.

Quanto ao contexto de uma pandemia, com aulas a distância referentes especificamente ao ensino de energia no ensino fundamental, há um complexo processo de desenvolvimento do trabalho com o conteúdo. Dessa forma, cabe aos professores desenvolver meios de ensino que permitam aos alunos fazer associações com suas próprias vivências, uma vez que os professores em questão nem sempre terão condições de levar para os alunos, na sala de aula, tabuleiros e outros jogos, maquetes, construções de instalações elétricas simples, experimentos de laboratórios e softwares de ensino, em razão da falta de acesso a um aparelho eletrônico compatível com as configurações exigidas por um software de ensino.

Portanto, é preciso que haja mais trabalhos de pesquisa de campo e debates sobre o tema, visando auxiliar os profissionais. Para tanto, os professores devem ter sempre meios de acesso ao conhecimento, além de se atualizarem frequentemente. Seja no processo de formação de novos professores, seja no processo de formação continuada, é preciso levar em conta as transformações que o mundo atravessa.

Referências

ANDRADE, M. S.; SILVA, M. L. de M.; OLIVEIRA, N. de M. Desafios da educação remota em tempos da Covid-19: Um estudo de caso com professores do Agreste de Pernambuco. In: GONÇALVES, M. C. da S.; JESUS, B. G. de (orgs.). *Educação Contemporânea: Tecnologia*. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2021. 9 v.

AUSUBEL, D. P. *The Acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2000.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Educational psychology: a cognitive view*. 2. ed. Nova York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.

BEHRENS, M. A. Projetos de aprendizagem colaborativa num paradigma emergente. In: MORAN, J. M. *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. Campinas, SP: Papirus, 2000.

BOROCHOVICIUS, E.; TORTELLA, J. C. B. Aprendizagem baseada em problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. *Ensaio: aval. pol. públ. educ.*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 83, p. 263-293, 2014. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40362014000200002&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 6 jan. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC, 2018.

BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais*. Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília, DF: MEC, 2000.

CANTO, E. L. do; LEITE, L. C. C. *Ciência naturais: aprendendo com o cotidiano*. 7. ed. São Paulo: Moderna, 2019.



CARVALHO, A. A.; HERNANDES, J. A. Uso de simuladores computacionais no ensino de energia e transformações energéticas para o 9º ano do ensino fundamental. *Pesquisa em ensino de física*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. 1 v.

LABURÚ, C. E.; ZOMPERO, A. F.; BARROS, M. A. Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o ensino de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 30, n. 1, p. 7-24, 2013.

MORIN, E. A religação dos saberes: o desafio do século XXI. *In: A RELIGAÇÃO dos saberes: o desafio do século XXI*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

PEREIRA, J. A. *Um recurso didático baseado na plataforma Arduino para o ensino de energia*. 2018. 148 f. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018.

SANTOS, C. L. L. dos; VLADIMIR JUNIOR, C. da S.; MELO, N. de O. Oficina sobre ácidos e bases com estudantes do 1º ano do ensino médio contextualizada com as tecnologias da informação e comunicação. *In: ENCONTRO NACIONAL DE JOGOS E ATIVIDADES LÚDICAS NO ENSINO DE QUÍMICA, FÍSICA E BIOLOGIA*. 2021, Rio de Janeiro. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/jalequimlevel4/325274-OFICINA-SOBRE-ACIDOS-E-BASES-COM-ESTUDANTES-DO-1-ANO-DO-ENSINO-MEDIO-CONTEXTUALIZADA-COM-AS-TECNOLOGIAS-DA-INFOR>. Acesso em: 29 jan. 2024.

SILVA, T. de L.; MELO, N. de O. Uso de jogos e animes nas aulas remotas durante a pandemia do coronavírus: um relato de experiência discutindo evasão escolar em caruaru-pe. *In: VII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO*, 2021, Campina Grande. *Anais [...]*. Campina Grande: Conedu, 2021. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/79472>. Acesso em: 29 jan. 2024.

SOUZA, V. R. *Uma proposta para o ensino de energia mecânica e sua conservação através do uso de analogias*. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

TERESINA. Secretaria Municipal de Educação. *Currículo de Teresina: Ensino Fundamental*. Teresina: Semec, 2018.

Ensino de solos nos cursos de graduação em ciências ambientais do Brasil

TEACHING SOIL IN UNDERGRADUATE ENVIRONMENTAL SCIENCE COURSES IN BRAZIL

ENSEÑANZA DE LOS SUELOS EN LOS CURSOS DE GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES EN BRASIL

Luiz Humberto de Oliveira Leite

Universidade Federal de Goiás (UFG)
luizleite@egresso.ufg.br

Rherison Tyrone Silva Almeida

Universidade Federal de Goiás (UFG)
Rherison_almeida@ufg.br

Andrelisa Santos de Jesus

Universidade Federal de Goiás (UFG)
andrelisajesus@ufg.br

Resumo

As ciências ambientais têm caráter multidisciplinar, por isso buscam aglutinar as demais disciplinas a fim de obter uma visão sistêmica dos problemas ambientais. Dentro dessa multidisciplinaridade, que caracteriza a formação do cientista ambiental, o ensino de solos é de grande relevância, tendo em vista a sua viabilidade para os serviços ecossistêmicos. Neste trabalho, objetivou-se analisar o ensino de solos nos cursos de graduação em Ciências Ambientais no Brasil, contemplando o detalhamento das disciplinas obrigatórias e optativas/eletivas dentro das matrizes curriculares. Para tanto, destacaram-se informações que caracterizam a forma de abordagem do ensino de solos e o modo como ocorre esse processo na formação do Cientista Ambiental. Para a análise dos dados, foram utilizados os planos pedagógicos de curso de 11 das 12 instituições que ofertam o curso de Ciências Ambientais no Brasil. Os resultados apontaram que, ainda que se espere uma abordagem multidisciplinar, na prática disciplinas relacionadas aos solos são escassas nas matrizes curriculares e, em alguns casos, inexistentes. Isso pode ser atribuído a alguns fatores, dentre eles, a localidade/bioma em que o curso se encontra ou influência da unidade/departamento em que está inserido. Também foi constatada a falta de homogeneidade de disciplinas comuns/básicas na matriz curricular desses cursos. Acredita-se que o estabelecimento de Diretrizes Curriculares Nacionais e o diálogo entre os coordenadores desses cursos possam promover alguma padronização básica no contexto de formulação dos planos pedagógicos de curso.

Palavras-chave: educação; pedologia; graduação; bioma.

Abstract

The environmental sciences are multidisciplinary, which is why they seek to bring together other disciplines to obtain a systemic view of environmental problems. Within this multidisciplinary, which characterizes the training of environmental scientists, the teaching of soils is of great relevance, given its viability for ecosystem services. This study aimed to analyze the teaching of soils in undergraduate courses in Environmental Sciences in Brazil, looking at the details of compulsory and optional/elective

subjects within the curricular matrices. To this end, we highlighted information that characterizes the approach to teaching soils and how this process occurs in the training of Environmental Scientists. For data analysis, we used the course syllabuses of 11 of the 12 institutions that offer the Environmental Sciences course in Brazil. These syllabuses could promote some basic standardization in the context of formulating course syllabuses. The results showed that, although a multidisciplinary approach is expected, in practice subjects related to soils are scarce in the curriculum and, in some cases, non-existent. This can be attributed to many factors, including the locality/biome in which the course is located or the influence of the unit/department in which it is located. There was also a lack of homogeneity of common/basic subjects in the curriculum matrix of these courses. It is believed that the establishment of National Curriculum Guidelines and dialogue between the coordinators of these courses could promote some basic standardization in the context of formulating course syllabuses.

Keywords: education; pedology; graduation; biome.

Resumen

Las Ciencias Ambientales tienen un carácter multidisciplinario que busca aunar otras disciplinas con el fin de obtener una visión sistémica de los problemas ambientales. Dentro de esa multidisciplinariedad, que caracteriza la formación del científico ambiental, la enseñanza de suelos resulta de gran relevancia, dada la importancia para los servicios ecosistémicos. En este trabajo, el objetivo fue analizar la enseñanza de suelos en cursos de grado en Ciencias Ambientales en Brasil, incluyendo el detalle de materias obligatorias y opcionales/electivas dentro de las matrices curriculares. Para ello, se destacó información que caracteriza el enfoque de la enseñanza de suelos y cómo se da ese proceso en la formación de los científicos ambientales. Para el análisis de los datos, se utilizaron los Planes de Carrera Pedagógica de 11 de las 12 instituciones que ofrecen la carrera de Ciencias Ambientales en Brasil. Los resultados mostraron que, si bien se espera un enfoque multidisciplinario, en la práctica las materias relacionadas con suelos son escasas en el currículo y, en algunos casos, inexistentes. Eso se puede atribuir a algunos factores, incluida la ubicación/bioma en el que se encuentra el curso, influenciada por la unidad/departamento en el que se encuentra. También se señaló la falta de homogeneidad de materias comunes/básicas en la matriz curricular de esos cursos. Se cree que el establecimiento de Directrices Curriculares Nacionales y el diálogo entre los coordinadores de esos cursos pueden promover cierta estandarización básica en el contexto de la formulación de Planes de Cursos Pedagógicos.

Palabras clave: educación; pedagogía; grado; bioma.

Introdução

Desde a década de 1970 e a partir do relatório publicado em 1968 – *Limites do Crescimento*, do chamado Clube de Roma –, os debates com pautas ambientais passaram a se tornar uma realidade na sociedade. O ano de 1970, no Brasil, foi marcado por um momento de institucionalização ambiental em nível federal, a partir da fundação da Secretaria de Meio Ambiente (Sema). Antes disso, nos anos de 1965 e 1967, houve a criação da Lei de Proteção das Florestas e Lei de Proteção da Fauna respectivamente (Magrini, 2001). Desde então, emergiram vários eventos em que, de acordo com Philippi *et al.* (2000), eram debatidas e colocadas em evidência as questões ambientais no Brasil e no mundo, sendo responsáveis pelo início de um processo que desencadearia a elaboração de diversas leis e aparatos institucionais pautados pela temática ambiental. Associado a isso, as questões ambientais passaram a permear temas que envolvem não só a relação do homem com a natureza, mas que também estão diretamente ligados a vários setores da sociedade, tais como

questões políticas, sociais, culturais, tecnológicas e institucionais, tornando essa temática interdisciplinar e multidisciplinar (Leis, 2010).

Souza e Fernandes (2012) defendem o campo da pesquisa ambiental como a junção de disciplinas, tais como Biologia, Física e Química, dentre outras, que, mediadas pela ciência e tecnologia, relacionam-se com problemas econômicos e sociais. Atendendo a esses propósitos, no âmbito da educação, surgiram disciplinas e cursos de graduação e pós-graduação nessa área. Os cursos de graduação em Ciências Ambientais são relativamente novos. O primeiro foi criado em 2001 na Universidade Federal do Pernambuco (UFPE), sendo um curso de Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais. A implementação dos demais cursos no território brasileiro ocorreu entre os anos de 2006 e 2010, durante o processo de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni), instaurado pelo Decreto n. 6.096/2007. Esses cursos surgiram a partir das necessidades de um profissional da área ambiental com uma formação interdisciplinar e multidisciplinar, com propostas curriculares integradoras que contemplassem temas transversais, relevantes para a reflexão e análise das questões ambientais, envolvendo ética, solidariedade, responsabilidade, educação, gestão e cidadania (Viesba; Bitencourt; Neiman, 2017).

Dentro da multidisciplinaridade, que caracteriza a formação do cientista ambiental, o ensino de solo é de extrema relevância, já que este é um componente fisiográfico e ambiental de grande importância para os serviços ecossistêmicos. Os solos são responsáveis pela manutenção do equilíbrio ecológico, que garante a manutenção da vida no planeta (Cavalcante *et al.*, 2016). A pedologia, ciência que estuda o solo, apresenta natureza multidisciplinar, pois seu escopo epistemológico está ligado a conhecimentos de geologia, geomorfologia, química, física, biologia, climatologia, hidrologia e ciência geográfica (Espindola, 2018). Os conceitos de solos são diversos e variam de acordo com cada área do conhecimento. Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), solo é definido como:

uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas (Santos *et al.* 2018, p. 27).

O solo é muito importante no desenvolvimento de atividades essenciais da vida humana desde os primórdios, como produzir alimentos, extrair recursos, fixar moradia, desenvolver atividades em sociedade, regulação dos fluxos hídricos, sequestro de carbono, filtragem e decomposição de poluentes que podem afetar a qualidade ambiental (Lepsch, 2001; Primavesi, 2018). Portanto, estudar o solo como elemento fisiográfico que compõem o meio ambiente é uma necessidade real, sendo de fundamental importância a disseminação do conhecimento em solo visando sua conservação. O ensino sobre solos pode permitir a construção de uma consciência ambiental que considere o solo natural e/ou antrópico presente no cotidiano de todos, ou seja, algo inerente à vida humana e que tem uma importância socioeconômica vital para o funcionamento da sociedade (Gomes Junior; Perusi; Ramos, 2018).

A disseminação da importância de atitudes relacionadas à conscientização ambiental tende a ocorrer quando essas informações são inseridas no cotidiano da comunidade por meio de campanhas educativas, embora isso aconteça principalmente a partir do período escolar básico. Refletindo especificamente sobre o alcance da

temática de solos e a popularização de suas taxonomias, Diniz, Batista e Santos (2005) apontam que o ensino de solos, em sua grande maioria, está voltado para uma pequena fatia da sociedade, que é a que chega à universidade. Além disso, reconhecendo a problemática e a importância do tema, Muggler, Sobrinho e Machado (2006), no trabalho intitulado “Educação em Solos: Princípios, Teoria e Métodos”, publicado na principal revista da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo enfatizaram:

É necessário, portanto, desenvolver e fomentar a sensibilização das pessoas, individual e coletivamente, em relação ao solo, no âmbito de uma concepção que considere o princípio da sustentabilidade, na qual valores e atitudes de desvalorização do solo possam ser revistos e (re)construídos: a promoção de uma espécie de “consciência pedológica” (Muggler; Sobrinho; Machado, 2006, p. 735).

Nesse sentido, tendo em vista a relevância de fomentar a discussão acerca da temática apresentada, este artigo apresenta uma pesquisa que se propôs a analisar o ensino de solos nos cursos de graduação em Ciências Ambientais no Brasil. Assim, temos como objetivos específicos realizar um mapeamento dos cursos, detectar disciplinas de solos obrigatórias e optativas/eletivas dentro das matrizes curriculares e apontar as abordagens do ensino de solos.

Material e Métodos

Para análise dos dados levantados, empregou-se a metodologia baseada em Pimentel (2001) sobre análise documental, na qual o material é coletado, processado e analisado cruzando informações de interesse. Essa metodologia também pode ser retratada como “garimpagem”. Inicialmente, foi realizada uma consulta pelos cursos de Ciências Ambientais reconhecidos pelo MEC no portal e-MEC (Brasil, c2024). Após isso, foram acessados os Planos Pedagógicos de Curso (PPCs) aprovados e disponibilizados no site dessas instituições até janeiro de 2022.

Os PPCs estruturam as graduações, estabelecendo suas normativas, o perfil profissional de egressos desejado (Clemente *et al.*, 2022), as habilidades almejadas, os objetivos do curso, além da grade curricular (Seixas *et al.*, 2016; Heleno, Borges, 2016). Com base nesse documento, considerou-se como principais informações de interesse a localização dos cursos de Ciências Ambientais que têm disciplinas na área de solos e as diferentes disciplinas relacionadas a solos, tanto obrigatórias quanto optativas/eletivas, e suas respectivas ementas.

Das 12 instituições de ensino superior que ofertam cursos de Ciências Ambientais, foram analisados 11 PPCs. O PPC da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) não foi encontrado no site, não sendo possível o contato com a coordenação do curso para obtê-lo. As informações obtidas foram compiladas em planilha eletrônica e plotadas tabelas com a finalidade de verificar as seguintes informações: localização dos cursos por estado, região e bioma, diferença na nomenclatura dos cursos, carga horária total e quantidade de disciplinas relacionadas a solos, separando-as por obrigatórias e optativas com suas respectivas cargas horárias.

A espacialização das informações em mapas foi realizada no software QGIS 3.12, no qual foram utilizados os dados vetoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referente aos biomas brasileiros, bem como às regiões e unidades da

federação do Brasil. O dado vetorial de localização de cada câmpus onde os cursos são ofertados foi obtido a partir da espacialização de suas coordenadas geográficas.

Resultados e Discussão

Espacialização dos cursos de Ciências Ambientais

Foram registrados 12 cursos de Ciências Ambientais no Brasil em 12 instituições de ensino distintas, todos ofertados na modalidade de bacharelado. Desses 12 cursos, quatro apresentam nomenclaturas diferentes. São os casos da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), PUC-SP, Universidade Federal Fluminense (UFF) e Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Nos casos da UFMG e da PUC-SP, os cursos são denominados Ciências Socioambientais e estão vinculados à Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas. Nessas duas instituições, o perfil do egresso é descrito como alguém capaz de intervir e refletir as questões ambientais que envolvem a sociedade. Na UFF, o curso recebe o nome de Ciência Ambiental. Enquanto na UFPE o curso está vinculado ao Centro de Biociências e é denominado de Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais.

Embora possuam nomenclaturas diferentes, observou-se similaridade no que tange ao perfil do egresso, a exemplo do documento descrito pela Universidade Federal de São Paulo (Unifesp, 2016), que visa formar profissionais que tenham a capacidade de “avaliar, caracterizar e diagnosticar diferentes problemas ambientais, propor medidas mitigadoras, planejar e manejar recursos naturais de forma sustentável”. Os cursos que têm Ciências Ambientais como nomenclatura são: Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade de Brasília (UnB), Universidade Federal do Amapá (Unifap), Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Unirio), Unifesp, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Universidade Federal de Goiás (UFG).

Os 12 cursos de graduação em Ciências Ambientais estão localizados em nove estados e um no Distrito Federal (Quadro 1). Dois cursos estão situados nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, enquanto os demais estão localizados em Pernambuco, Ceará, Bahia, Amapá, Paraná, Minas Gerais, Goiás e no Distrito Federal, com apenas um curso em cada lugar. Das instituições que oferecem o curso, somente uma é privada, a PUC-SP; as demais são instituições públicas e federais.

Instituição de Ensino	Unidades da Federação	Nome do Curso
UFC	Ceará	Ciências Ambientais
UNB	Distrito Federal	
UNIFAP	Amapá	
UNIRIO	Rio de Janeiro	
UNIFESP	São Paulo	
UFRB	Bahia	
UFPR	Paraná	
UFG	Goiás	
UFPE	Pernambuco	Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais
PUC SP	São Paulo	Ciências Socioambientais
UFMG	Minas Gerais	Ciências Socioambientais
UFF	Rio de Janeiro	Ciência Ambiental

Quadro 1 - Localização e diferenciação na nomenclatura dos cursos de Ciências Ambientais em cada instituição de ensino brasileira

Fonte: Elaboração própria, com base em Brasil (c2024).

As cinco regiões do país dispõem do curso em pelo menos um estado (Figura 1). Observa-se uma concentração maior na Região Sudeste, com cinco dos 12 cursos existentes no Brasil. As regiões Nordeste e Centro-Oeste dispõem de três e dois cursos respectivamente. As regiões Norte e Sul têm apenas um curso cada. Viesba, Bitencourt e Neiman (2017) identificaram um curso a mais na Região Norte, no Centro Universitário do Pará (Cesupa), que, no entanto, não é ofertado mais.

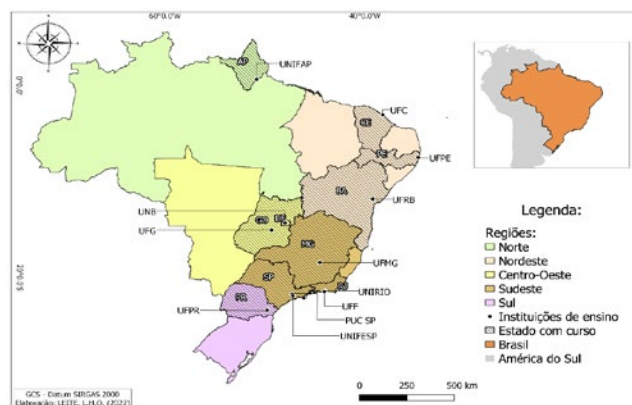


Figura 1 - Distribuição geográfica dos cursos de graduação em Ciências Ambientais no Brasil

Fonte: Elaboração própria.

Em relação à distribuição dos cursos por bioma brasileiro, os cursos de Ciências Ambientais só não estão presentes no Pampa e no Pantanal, biomas que registraram, de 1985 a 2022, uma conversão de cobertura de vegetação nativa para práticas agropecuárias de 43,5% e 14,9% respectivamente, conforme o relatório anual do MapBiomias em sua coleção 8.0 (Coleção [...], 2023).

O bioma que contempla a maior quantidade de cursos é a Mata Atlântica, correspondendo a oito dos 12 cursos existentes: UFPE, UFRB, UFMG, Unirio, UFF, PUC-SP, Unifesp e UFPR. A Mata Atlântica ocupa cerca de 12,4% do território nacional, sendo responsável pela manutenção de serviços ambientais essenciais e abrigando 72% da população brasileira (Fundação SOS Mata Atlântica, 2023). De acordo com o MapBiomias, restam apenas 26,2% da cobertura florestal, de mangue e de restinga na Mata Atlântica, sendo que, nos últimos anos, as práticas agrícolas têm substituído as de pastagem (Coleção [...], 2023).

A Mata Atlântica é atualmente, assim como o Cerrado, considerada um *hotspot*, ou seja, uma área com vasta biodiversidade ameaçada de extinção. O câmpus da UFMG em que o curso está lotado situa-se em uma área da Mata Atlântica com vegetação de transição para o Cerrado. O Cerrado, por sua vez, é o segundo maior bioma brasileiro, e vem sendo impactado principalmente com a expansão das fronteiras agrícolas e o estabelecimento de cidades ao longo de sua extensão territorial (Souza; Fleck; Delabie, 2022). No Cerrado restam 47,9% de sua cobertura de vegetação nativa, sendo que 50,1% de sua área é ocupada pela agropecuária (Coleção [...], 2023). Nesse bioma estão situados dois cursos de Ciências Ambientais, sendo um na UFG e outro na UNB.

A implementação de cursos da área ambiental, como o de Ciências Ambientais, nas regiões Norte e Centro-Oeste é fundamental, pois essas regiões abrangem a Amazônia, o Cerrado e o Pantanal, biomas frágeis e ameaçados pela expansão agropecuária (Ceretta; Anjos; Siqueira, 2008). Na Amazônia, há 81,7% de cobertura da vegetação nativa, no entanto a expansão agropecuária tem avançado rapidamente nos últimos anos. Somente no estado de Roraima, por exemplo, Eloy *et al.* (2023) evidenciaram um aumento de 257% das áreas plantadas com soja apenas entre os anos de 2018 e 2021, além de tentativas de alteração de políticas ambientais estaduais, como uma que permitiu reduzir a porcentagem de Reserva Legal de 80% para 50%. Nesse bioma tão importante, apenas o curso da Unifap está presente (Figura 2).

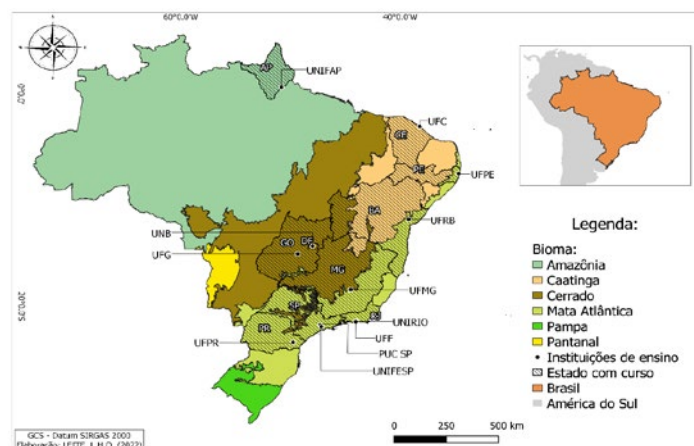


Figura 2 - Graduação em Ciências Ambientais no Brasil por bioma

Fonte: Elaboração própria.

Carga horária dos cursos de Ciências Ambientais

As cargas horárias totais dos cursos variam em cada instituição e são divididas entre disciplinas obrigatórias, optativas/eletivas, estágio, atividades complementares e trabalho de conclusão de curso. A Unifesp tem a maior carga horária, totalizando 4.200 horas, enquanto a UFPE tem a menor, com 2.280 horas (Quadro 2). Conforme apontaram Viesba, Bitencourt e Neiman (2017), algumas instituições oferecem aos discentes um número maior de carga horária para disciplinas optativas/eletivas, possibilitando, assim, maior flexibilização na formação. Tais características refletem a ausência de Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica (DCNs) para o curso de Ciências Ambientais, o que inviabiliza o estabelecimento de um padrão de carga horária mínima de disciplinas de solos que poderiam estar presentes nos PPCs.

Instituição de Ensino	Nome do Curso	Carga Horária Total
UFC	Ciências Ambientais	3.200 h
UNB		2.700 h
UNIFAP		2.850 h
UNIRIO		2.925 h
UNIFESP		4.200 h
UFRB		2.700 h
UFPR		3.000 h
UFG		3.316 h
UFPE	Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais	2.280 h
PUC SP	Ciências Socioambientais	Não encontrada
UFMG	Ciências Socioambientais	2.400 h
UFF	Ciência Ambiental	3.190 h

Quadro 2 - Demonstrativo das cargas horárias totais dos cursos

Fonte: Projetos pedagógicos dos cursos de Ciências Ambientais das universidades supracitadas.

Disciplinas de solos

As disciplinas obrigatórias que abordam a ciência do solo sem se envolver com outra temática foram: Pedologia I e Pedologia II, na UFRB; Introdução a Pedologia, na UnB; Ciência do Solo, na UFG; e Fundamentos da Ciência do Solo, na Unirio. Nessas instituições, observou-se semelhança em suas ementas, tratando de temas comuns como conceitos de ciência do solo, formação do solo ou pedogênese, intemperismo, mineralogia, propriedades físicas e químicas do solo, classificação de solos etc. Já as demais disciplinas obrigatórias fazem a relação do solo com outros elementos da paisagem e suas ementas também apresentam semelhanças, destacando a importância do solo no estudo e na análise da paisagem, tais como aquelas ofertadas na UnB, Unirio e Unifesp, conforme apresentado no Quadro 3.

Dentro da tabela de áreas do conhecimento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), as disciplinas de solos se enquadram na grande área de Ciências Exatas e da Terra. De modo geral, nos PPCs de cada curso, essa grande área ocupa percentual maior de disciplinas quando se compara com outras grandes áreas como as Ciências Biológicas – exceto a UFPE –, Ciências Sociais, Ciências Agrárias, entre outras, correspondendo de 30% a 54% da carga horária total da maioria dos cursos (Viesba; Bitencourt; Neiman, 2017).

Apesar de a maioria das disciplinas que compõem a grade curricular dos cursos ser de Ciências Exatas e da Terra, as disciplinas de solos, que estão na subárea de Geografia Física, aparecem em menor quantidade e, em alguns casos, não há disciplinas relacionadas a solos na grade, seja ela obrigatória ou eletiva/optativa, como é o caso da UFMG.

Tratando de disciplinas obrigatórias, das 12 instituições, sete delas não possuem nenhuma disciplina relacionada a solos: Unifap, UFC, UFMG, UFPE, UFPR, UFF e PUC-SP.

Curso	Instituição de Ensino	Disciplina Obrigatória
Ciências Ambientais	UFRB	Pedologia I
		Pedologia II
	UNB	Introdução a Pedologia
		Solos e vegetação
	UFG	Ciência do Solo
	UNIRIO	Fundamentos da Ciência do Solo
		Manejo e Conservação de Solos
	UNIFESP	Solos e paisagens
		Dinâmica da água nos solos e rochas
Remediações de Solos e Águas		

Quadro 3 - Demonstrativo de disciplinas obrigatórias em solos por instituição de ensino

Fonte: Projetos pedagógicos dos cursos de Ciências Ambientais das universidades supracitadas.

No que tange às disciplinas eletivas/optativas, apenas duas das 12 instituições disponibilizam disciplinas relacionadas a solos: UFRB e UFG (Quadro 4).

Curso	Instituição de Ensino	Disciplina optativas/eletivas
Ciências Ambientais	UFG	Aspectos geotécnicos de solos tropicais
		Química de solos
		Solos e meio ambiente
Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais	UFPE	Agroecologia e manejo da diversidade microbiana do solo
		Fundamentos de Solos aplicados a Ciências Ambientais
		Manejo e conservação de solos

Quadro 4 - Demonstrativo de disciplinas optativas/eletivas em solos por instituição de ensino

Fonte: Projetos pedagógicos dos cursos de Ciências Ambientais das universidades supracitadas.

A baixa presença de disciplinas específicas de solos está relacionada com a liberdade que cada universidade tem para a elaboração do PPC, possibilitada pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Brasil, 1996), assim como no que diz respeito à nomenclatura dos cursos, às especificidades de cada um deles e ao perfil do egresso. Essa liberdade, por exemplo, é observada nos cursos de bacharelado e licenciatura em Geografia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), na qual constatou-se a baixa conformidade entre a oferta de disciplinas obrigatórias e optativas de Pedologia nos três cursos situados em três câmpus distintos (Gomes Junior; Perusi; Ramos, 2018).

Outro fator que pode influenciar a baixa oferta ou a ausência de disciplinas obrigatórias em solos é a localidade dos cursos, como no caso da UFC, que está localizada em área costeira e é vinculada ao Instituto de Ciências do Mar, tendo, portanto, um enfoque maior na parte de oceanografia. De todo modo, independentemente da localização do curso, é importante salientar que, para atender às demandas crescentes de produção alimentícia, os solos vêm sendo intensamente explorados. Olímpio (2022) ressalta, por exemplo, o aumento de 12% da área cultivada global nos últimos 50 anos, notadamente sobre florestas, pântanos e campos naturais.

Carga horária das disciplinas de solos

As cargas horárias das disciplinas obrigatórias e optativas/eletivas variam entre 30 e 64 horas, divididas entre carga horária teórica e prática. Com a prática no ensino, o aluno não só é capaz de compreender conceitos e métodos, mas também vivenciá-los em sua realidade. Nessa perspectiva, ao instigar no aluno um processo de aprendizado por meio de capacidade crítica, raciocínio, autonomia e habilidades cognitivas, a prática no ensino de solos se torna um caminho eficiente para atingir tal objetivo (Marques, 2020).

Nas disciplinas obrigatórias, as cargas horárias variam de 30, 51 e 64 horas (Quadro 5), divididas entre carga horária teórica e prática. As disciplinas Pedologia I e Pedologia II ofertadas pela UFRB dividem as 51 horas em 17 horas teóricas e 34 práticas. As ementas das demais disciplinas não especificam a divisão da carga horária total entre teórica e prática.

Instituição de Ensino	Disciplina Obrigatória	Carga Horária
UFRB	Pedologia I	51h
	Pedologia II	51h
UNB	Introdução a Pedologia	64h
	Solos e vegetação	64h
UFG	Ciência do Solo	64h
UNIRIO	Fundamentos da Ciência do Solo	30h
	Manejo e Conservação de Solos	45h
UNIFESP	Solos e paisagens	64h
	Dinâmica da água nos solos e rochas	64h
	Remediações de Solos e Águas	64h

Quadro 5 - Demonstrativo das disciplinas obrigatórias de solos por instituição de ensino com suas respectivas cargas horárias

Fonte: Projetos pedagógicos dos cursos de Ciências Ambientais das universidades supracitadas.

Quando se trata das disciplinas optativas/eletivas (Quadro 6), as cargas horárias variam: 64 horas para as três disciplinas ofertadas pela UFG, com apenas a disciplina Aspectos Geotécnicos dos Solos Tropicais dividindo-se em 32 horas teóricas e 32 horas práticas; e 45 horas para as disciplinas oferecidas pela UFPE, que não especificam a quantidade de horas teóricas e práticas.

Instituição de Ensino	Disciplina Optativas/Eletivas	Carga Horária
UFG	Aspectos geotécnicos de solos tropicais	64h
	Química de solos	64h
	Solos e meio ambiente	64h
UFPE	Agroecologia e manejo da diversidade microbiana do solo	45h
	Fundamentos de Solos aplicados a Ciências Ambientais	45h
	Manejo e conservação de solos	45h

Quadro 6 - Demonstrativo das disciplinas optativas/eletivas de solos por instituição de ensino com suas respectivas cargas horárias

Fonte: Projetos pedagógicos dos cursos de Ciências Ambientais das universidades supracitadas.

O ensino de solos para além da disciplinaridade

De acordo com Carvalho *et al.* (2014), a acentuada disciplinarização das ciências faz com que os complexos problemas socioambientais sejam analisados com foco disciplinar. Ainda segundo esses autores, a maior parte dos problemas socioambientais em regiões tropicais como o Brasil é decorrente das especificidades climáticas e pedológicas. Nessas regiões, a ocupação e o uso do solo, quando realizados de forma mal planejada ou sem planejamento, em geral, envolvem uma atuação técnica predominantemente disciplinar. A erosão dos solos é um dos fenômenos ambientais comuns em ambientes tropicais, podendo ser facilmente desencadeada ou acelerada por ações humanas relacionadas à ocupação do solo. Diante dos problemas com erosão, como apresentar soluções considerando apenas o olhar disciplinar? Segundo Jesus e Carvalho (2017), as percepções dos diversos profissionais que atuam com erosão do solo são muito distintas, pois cada profissional privilegia as diretrizes conceituais de sua área de formação. Para esses autores, o que une esses profissionais é o estudo das causas do processo erosivo, mesmo que muitos possam procurar tais causas de forma isolada do contexto ambiental mais amplo. Logo, entende-se que toda degradação ambiental, direta ou indiretamente, repercute nos solos e que o conhecimento sobre solos deveria ser abordado em diversas áreas de formação técnica, desde as mais específicas até as mais generalistas.

Nas abordagens da educação básica, a questão da disciplinaridade é sempre pautada tendo como possibilidades pedagógicas a interdisciplinaridade, a multidisciplinaridade e a transdisciplinaridade. As DCNs propostas para a educação básica fazem uma distinção entre práticas disciplinares, pluridisciplinares, interdisciplinares e transdisciplinares (Brasil, 2013). Embora as DCNs apresentadas sejam referentes à educação básica, na ausência de DCNs para o curso discutido neste trabalho, optamos por apontar a conceituação de Basarab Nicolescu:

a disciplinaridade, a pluridisciplinaridade, a transdisciplinaridade e a interdisciplinaridade são as quatro flechas de um único e mesmo arco: o do conhecimento.

Enquanto a multidisciplinaridade expressa frações do conhecimento e o hierarquiza, a pluridisciplinaridade estuda um objeto de uma disciplina pelo ângulo de várias outras ao mesmo tempo. Segundo Nicolescu, a pesquisa pluridisciplinar traz algo a mais a uma disciplina, mas restringe-se a ela, está a serviço dela (Brasil, 2013, p. 30).

No contexto escolar, transpor a disciplinaridade é uma meta e um desafio em constante movimento de contextualização. No ensino superior, essa transposição também é um desafio, entretanto os movimentos para atingir as práticas interdisciplinares, multidisciplinares e transdisciplinares são mais comedidos, ainda como sintoma da herança do modelo cartesiano de ciência. À vista disso, no contexto escolar, há inúmeras iniciativas de abordagens interdisciplinares e multidisciplinares de ensino de solos, como descrito por Welter e Bueno (2015), Sivico e Mendes (2021) e em diversas publicações do Simpósio de Educação em Solos promovido pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, bem como em artigos publicados na *Revista Brasileira de Ciência do Solo* sobre educação em solos, vinculada ao eixo de solo, ambiente e sociedade. Souza *et al.* (2022) realizaram um estudo cujo objetivo foi identificar o conhecimento prévio dos alunos dos cursos de Agronomia, Engenharia Florestal, Engenharia Ambiental e Zootecnia da Universidade Federal Rural da Amazônia/Câmpus Belém acerca de temas relacionados à Ciência do Solo, e constataram que

os estudantes têm diferentes percepções sobre solos, trazidas desde o ensino básico. As percepções construídas na experiência cotidiana podem facilitar abordagens interdisciplinares e multidisciplinares.

A partir do conhecimento sobre solos, pode-se abordar química, história, produção de texto, geografia e aspectos fisiográficos, biologia e microbiologia, entre tantas outras. O tema solo permite toda essa dimensão de integração por ser um produto de síntese entre clima, aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, de atividade biológica e de tempo geológico. Essa dimensão se amplia quando se pensa nas suas diversas funções ecossistêmicas, que incluem o uso do solo para atividades socioeconômicas. Muitas vezes esses usos – pecuária, agricultura, urbanização, industrialização, obras lineares – podem gerar impactos de escalas diversas que invariavelmente afetarão o solo.

É possível vislumbrar, portanto, a importância do ensino de solos em cursos superiores de graduação em Ciências Ambientais. Certamente, profissionais da área de Ciências Ambientais com conhecimento em solos terão um repertório mais amplo de soluções para as questões ambientais. Todavia, o que se vê, em termos práticos, segundo os dados desta pesquisa, é que menos de 50% dos cursos de graduação em Ciências Ambientais têm disciplinas obrigatórias relacionadas à formação técnica em solos. O fato de o curso de graduação em Ciências Ambientais ser relativamente recente, mas não dar ênfase ao tema solos em boa parte das matrizes curriculares, repercute na produção científica e na respectiva divulgação e publicação de profissionais da área sobre o assunto.

Considerações finais

Apesar do apelo da multidisciplinaridade na estruturação de um curso de graduação em Ciências Ambientais, a presença de disciplinas relacionadas a solos ainda é escassa. Os 12 cursos existentes têm nomes semelhantes, porém ainda não há homogeneidade quanto à formação em solos, pois varia conforme a essência do Plano Pedagógico de Curso (PPC), que está relacionado aos impactos do ser humano de acordo com as especificidades da região geográfica e/ou do bioma em que o curso está localizado. Essa heterogeneidade pode ser atribuída à ausência de DCNs para os cursos de ciências ambientais, o que evidencia a necessidade de, quando implementadas, conterem perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares com destaque para o solo como um elo de integração nas abordagens técnicas e disciplinares relativas ao curso de Ciências Ambientais.

A compreensão sobre solo para o desenvolvimento da conscientização ambiental é de suma importância para um país como o Brasil, não apenas por questões socioambientais, como também por questões econômicas, tendo em vista o incremento territorial do setor agropecuário e a pressão que ele exerce sobre os solos e remanescentes de vegetação.

A inserção de disciplinas relacionadas ao estudo dos solos nos cursos de graduação em Ciências Ambientais no Brasil pode promover a formação de recursos humanos que pesquisem e abordem mais profundamente o conhecimento sobre solos nas tomadas de decisão, tanto no âmbito acadêmico quanto profissional. Sendo assim, propõem-se as seguintes ações: a formulação de DCNs para os cursos; o diálogo entre coordenadores dos cursos, buscando padronização e reformulação dos PPCs das instituições que oferecem Ciências Ambientais; e a atuação dos discentes,

especialmente dos egressos cientistas ambientais, na cobrança por reformulações que contemplem o caráter multidisciplinar do curso.

Referências

BRASIL. *Cadastro Nacional de Cursos e Instituições de Educação Superior*

Cadastro e-MEC. Brasília, DF: Ministério da Educação, c2024. Disponível em: <https://emec.mec.gov.br/emec/nova>. Acesso em: 4 nov. 2024.

BRASIL. *Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica*. Brasília, DF: MEC, SEB, DICEI, 2013. 562 p.

BRASIL. *Lei n. 9.394, 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1996. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9394.htm#:~:text=Estabelece%20as%20diretrizes%20e%20bases%20da%20educa%C3%A7%C3%A3o%20nacional.&text=Art.%201%C2%BA%20educa%C3%A7%C3%A3o%20abrange,civil%20e%20nas%20manifesta%C3%A7%C3%B5es%20culturais. Acesso em: 4 nov. 2024.

CARVALHO, J. C. de; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; JESUS, A. S.; ROMÃO, P. A.; LUZ, M. P. Disciplinaridade, Multidisciplinaridade e Transdisciplinaridade: Enfoques Necessários na Prevenção e Solução de Problemas Socioambientais. *In: XVII CONGRESSO*

BRASILEIRO DE MÊCANICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 2014, Goiânia. *Anais [...]*. Goiânia: Cobramseg, 2014.

CAVALCANTE, J. A. D.; PEREIRA, R. S.; BALIEIRO, A. B.; GARCIA, P. H. M. O ensino de solos: a interdisciplinaridade na sequência didática. *Revista Ensin@ UFMS*, Mato Grosso do Sul, v. 1, n. 1, p. 60-68, 2016.

CERETTA, C. A.; ANJOS, L. H. C. dos; SIQUEIRA, J. O. A pós-graduação em Ciência do Solo no Brasil: evolução e tendência. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, Brasília, DF, v. 5, n. 9, p. 7-35, 2008.

CLEMENTE, A. J.; OLIVEIRA, M. F. R.; HOROCHOVSKI, R. R.; JUNCKES, I. J.; AZEVEDO, N. T. Campo de Públicas: uma cienciometria a partir de Projetos Pedagógicos de Curso. *Revista de Sociologia e Política*, Curitiba, v. 30, n. 6, 2022.

COLEÇÃO 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. MAPBIOMAS, [s. l.], c2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 26 dez. 2023.

DINIZ, A. A.; BATISTA, R. B.; SANTOS, R. F. Popularização da taxonomia de solo: vocabulário mínimo e aspectos socioeconômicos no contexto do ensino fundamental, em São Miguel, Esperança (PB). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 309-316, 2005.

ELOY, L.; SENRA, E. B.; SILVA, A. L. da; CAMPOS, C. A aceleração recente da produção de soja na Amazônia: uma história do desmonte ambiental “em prática” no estado de Roraima. *Nuevo Mundo, Mundos Nuevos*, [s. l.], v. 1, n. 1, 2023.

ESPINDOLA, C. R. Histórico das pesquisas sobre solos até meados do século XX, com ênfase no Brasil. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 27-70, 2018.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: período 2021-2022*. Relatório Técnico. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2023. Disponível em: https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2023/05/SOSMAAtlas-da-Mata-Atlantica_2021-2022-1.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.

GOMES JUNIOR, E. C.; PERUSI, M. C.; RAMOS, D. J. A Pedologia nos cursos de geografia da UNESP: O tema solos e sua atuação na educação ambiental. *Pesquisa em Educação Ambiental*, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 40-52, 2018.

HELENO, C. T.; BORGES, L. O. Cursos de gestão de recursos humanos: uma análise documental. *Psicologia & Sociedade*, Recife, v. 28, n. 2, 2016.

JESUS, A. S.; CARVALHO, J. C. de. Processos erosivos em área urbana e as implicações na qualidade de vida. *Boletim Goiano de Geografia*, Goiânia, v. 37, n. 1, p.1-17, 2017.

LEIS, H. Uma viagem interdisciplinar ao lado oculto da problemática ambiental na modernidade. *Revista Internacional Interdisciplinar (INTERthesis)*, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 19-44, 2010.

LEPSCH, I. F. *Formação e conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.

MAGRINI, A. Política e Gestão Ambiental: Conceitos e Instrumentos. *Revista Brasileira de Energia*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 135-147, 2001.

MARQUES, J. D. O. Educação em solo na pós-graduação em ensino tecnológico. *Revista Brasileira de Educação Profissional Tecnológica*, Rio Grande do Norte, v. 2, p. 1-24, 2020.

MUGGLER, C. C.; SOBRINHO, F. A. P.; MACHADO, V. A. Educação em solos: princípios, teoria e métodos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 733-740, 2006.

OLÍMPIO, J. L. S. Os solos na formação inicial dos professores de geografia. *Geosaberes*, Ceará, v. 13, n. 1, p. 75-94, 2022.

PHILIPPI, J. R. A.; TUCCI, A.; HOGAN, C. E. M.; NAVEGANTES, R. *Interdisciplinaridade em ciências ambientais*. São Paulo: Signus, 2000.

- PIMENTEL, A. O método da análise documental: seu uso numa pesquisa historiográfica. Departamento de Psicologia Social e Institucional da Universidade Estadual de Londrina - PR. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, n. 114, p. 179-195, 2001.
- PRIMAVESI, A. *A biocenose do solo na produção vegetal & deficiência mineral em cultural: nutrição e produção vegetal*. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2018.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa, 2018.
- SEIXAS, P. S.; LIMA, F. C.; FERNANDES, S. R.; ANDRADE, L. R.; YAMAMOTO, O. As políticas sociais nos fundamentos dos projetos pedagógicos dos cursos de psicologia. *Psicologia Escolar e Educacional*, São Paulo, v. 20, n. 3, 2016.
- SIVICO, M. J.; MENDES, A. N. F. “Solos” uma prática metodológica interdisciplinar no ensino de química. *Scientia Naturalis*, Rio Branco, v. 3, n. 3, p. 1062-1078, 2021.
- SOUZA, J. S.; FLECK, M. D.; DELABIE, J. H. C. Mimercofauna em duas fitofisionomias do bioma Cerrado e plantio de eucalipto em Minas Gerais, Brasil. *Ciência Florestal*, Santa Maria, RS, v. 32, n. 4, 2022.
- SOUZA, R. A. S.; MARQUES, J. D.; BORGES, G. B.; DIAS, V. H. R.; AGUIAR, T. S. Solos no ensino superior: o conhecimento prévio de alunos das ciências agrárias e ambiental. *Revista EDUCAmazônia*, Manaus, v. 15, n. 1, 2022.
- SOUZA, S. S.; FERNANDES, V. Análise e caracterização das ciências ambientais no Brasil. *Paic*, Paraná, 2012.
- UNIFESP (Universidade Federal de São Paulo). *Projeto Pedagógico do curso bacharelado em Ciências Ambientais*. São Paulo: Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas (ICAQF) – Campus Diadema, 2016.
- VIESBA, L. M.; BITENCOURT, A. L. V.; NEIMAN, Z. Cursos de graduação em ciências ambientais no Brasil: uma análise curricular comparativa. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 198-209, 2017.
- WELTER, F. R. F.; BUENO, B. S. O solo como temática transversal para um trabalho interdisciplinar no sexto ano do ensino fundamental. *Revista Monografias Ambientais – REMOA*, Santa Maria, RS, v. 14, 2015.

Os clássicos e a pedagogia histórico-crítica: considerações a partir de contos de Caio Fernando Abreu

THE CLASSICS AND HISTORICAL-CRITICAL PEDAGOGY: CONSIDERATIONS BASED ON WORKS BY CAIO FERNANDO ABREU

LOS CLÁSICOS Y LA PEDAGOGÍA HISTÓRICO-CRÍTICA: CONSIDERACIONES A PARTIR DE LA OBRA DE CAIO FERNANDO ABREU

Cleidson Frisso Braz

Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes)
cleidsonfrisso@hotmail.com

Nelson Martinelli Filho

Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) / Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes)
nelsonmfilho@gmail.com

Resumo

Discute-se neste artigo a proposta da pedagogia histórico-crítica cunhada por Saviani (2008), que privilegia a leitura dos clássicos como um método de ensino que possibilita a superação da realidade imediata e a elevação das classes oprimidas em sua condição de subalternidade. Para isso, foi necessária a leitura atenta das considerações do autor a respeito do conceito de clássico a partir da matriz marxista de onde ecoa a compreensão de Saviani (2008). Dessa maneira, tornou-se imperativo dialogar com outros conceitos largamente discutidos na seara literária sobre o clássico, tais como aqueles que ressoam de Eliot (2014), Borges (1999), Eagleton (2006) e Calvino (2007), para que se pudesse minimamente compreender se a pedagogia histórico-crítica se afilia a algumas dessas teorias do campo da crítica literária que vem sendo discutida no decorrer dos anos. Feito isso, o presente trabalho adota a análise da obra de Caio Fernando Abreu para tentar verificar se sua produção, conforme a perspectiva da pedagogia histórico-crítica, seria um clássico suficientemente potente para contribuir com a elevação intelectual das massas e criar rupturas nas esferas de poder que fomentassem a mudança da prática social dos indivíduos (Gramsci, 1981). Conclui-se que a literatura clássica é um importante vetor para compreender a história a contrapelo, porém é preciso que haja uma ampliação do conceito de clássico, de modo que outros sujeitos sejam incluídos nessa produção tão importante para a conscientização da classe oprimida.

Palavras-chave: clássicos; pedagogia histórico-crítica; Caio Fernando Abreu; prática social.

Abstract

This article discusses the proposal of historical-critical pedagogy coined by Saviani (2008), which favors reading the classics as a teaching method that makes it possible to overcome immediate reality and elevate the oppressed classes from their subaltern's condition. To do this, it was necessary to carefully read the author's considerations on the concept of the classic from the Marxist perspective, which echoes Saviani's (2008) understanding. In this way, it became imperative to dialogue with other concepts widely discussed in the literary field about the classic, such as those that resonate from Eliot (2014), Borges (1999), Eagleton (2006) and Calvino (2007), so that we could minimally understand whether historical-critical pedagogy is affiliated with some of these theories from the field of literary criticism that have been discussed over the years. With this in mind, this paper analyzes the work of

Caio Fernando Abreu to see if his work, from the perspective of historical-critical pedagogy, would be a sufficiently powerful classic to contribute to the intellectual upliftment of the masses and create ruptures in the spheres of power that would encourage a change in the social practice of individuals (Gramsci, 1981). The conclusion is that classical literature is an important vector for understanding history through a counter-pellet; however, the concept of the classic needs to be broadened so that other subjects are included in this production, which is so important for raising the consciousness of the oppressed class.

Keywords: classics; historical-critical pedagogy; Caio Fernando Abreu, social practice.

Resumen

Este artículo discute la propuesta de pedagogía histórico-crítica, acuñada por Demerval Saviani (2008), que privilegia la lectura de los clásicos como método de enseñanza que posibilita superar la realidad inmediata y elevar a las clases oprimidas de su condición de subalternidad. Para ello, fue necesario leer atentamente las consideraciones del autor sobre el concepto de clásico desde la perspectiva marxista, que se hace eco de la comprensión de Saviani (2008). De ese modo, se hizo imperativo dialogar con otros conceptos ampliamente discutidos en el campo literario sobre lo clásico, como los que resuenan de T. S. Eliot (2014), Borges (1999), Terry Eagleton (2006) y Italo Calvino (2007), de modo que pudiéramos entender mínimamente si la pedagogía histórico-crítica está afiliada a algunas de esas teorías del campo de la crítica literaria que han sido discutidas a lo largo de los siglos. Una vez hecho eso, este trabajo analiza la obra de Caio Fernando Abreu en un intento de averiguar si ese autor, desde una perspectiva de APS, sería un clásico lo suficientemente poderoso como para contribuir a la elevación intelectual de las masas (Gramsci, 1981) y crear rupturas en las esferas de poder que fomenten un cambio en la práctica social de los individuos. La conclusión es que la literatura clásica es un vector importante para comprender la historia a través de los ojos del espectador, sin embargo, es necesario ampliar el concepto de clásico para incluir otros temas en esta producción tan importante para la sensibilización de la clase oprimida.

Palabras clave: clásicos; pedagogía histórico-crítica, Caio Fernando Abreu; práctica social.

Introdução

A pedagogia histórico-crítica é uma teoria cunhada por Saviani (2008), professor, pedagogo e filósofo brasileiro que tem produzido valiosas considerações sobre o ensino, no intuito de superar as práticas tradicionais escolares e refletir sobre aquelas alimentadas por correntes importadas que surgiram a partir do século XX, como a Escola Nova. Em sua vasta bibliografia, estão exemplos como *Escola e Democracia* (1983) e *Pedagogia Histórico-Crítica* (1991), em que o autor discorre sobre a necessidade de reformulação dos currículos das escolas brasileiras à luz do materialismo histórico-dialético, ou seja, a partir de uma prática educativa que caminhe para uma crítica ao capitalismo. Ao longo de sua produção, Saviani (2008) demonstra que somente com a superação desse sistema de poder alienador será possível que a sociedade se fortaleça. O autor aponta que historicamente o Brasil foi construído sobre os esforços e a opressão da classe trabalhadora; porém, a educação, como agente de transformação para essa mesma classe, pouco tem contribuído para a superação dessa condição. Assim, Saviani (2008) sugere que a ação educativa precisa ter como foco a humanização dos oprimidos a fim de que estes transformem a condição de opressão. Segundo o autor, isso ocorrerá a partir de uma metodologia escolar que busque mostrar os aspectos das relações sociais que se ocultam sob os fenômenos

da percepção imediata, privilegiando o conhecimento sistemático e problematizado oriundo dos clássicos.

É desse modo que a pedagogia histórico-crítica cria profundos laços com o marxismo, porém Saviani (2008) reconhece a necessidade de ler outros teóricos para uma compreensão satisfatória de sua teoria, já que o próprio Marx pouco produziu sobre a educação. Nesse sentido, o fundador da pedagogia histórico-crítica recorre ao filósofo italiano Gramsci (1981), por quem nutre profunda admiração e cuja obra utiliza como referências, para incorporar à sua teoria conceitos da educação por meio do prisma marxista, já que para Gramsci (1981, p. 10) “cabe entender a educação como um instrumento de luta”. Dessa forma, podemos destacar que a pedagogia histórico-crítica mantém sua filiação com Marx e Gramsci, mas devemos também admitir que ela assume um diálogo com outras concepções de mesma matriz, por exemplo, a pedagogia libertadora de Paulo Freire. De toda maneira, fica evidente que a proposta de Saviani (2008) para a escola brasileira se dá nos enredos do marxismo e, principalmente, na problematização da realidade, percebida por malhas hegemônicas como imediata. Assim, o autor, valendo-se da máxima gramsciana, propõe a “superação do senso comum em direção à elaboração filosófica” (Saviani, 2008, p. 27), devendo a escola dar condições para que esse pensamento seja elaborado, discutido e instrumentalizado, ficando delegada aos professores a função de transmissão do conhecimento por meio da filosofia da práxis e da atividade com os clássicos.

Os clássicos e a pedagogia histórico-crítica

A filosofia, como bem observou Saviani (2008), está imbricada em uma dimensão que não se finda ou se limita a um saber específico, ela possibilita o debate sobre o humano em todas as suas possibilidades de análise, uma vez que o objeto de sua discussão é o conhecimento. A pedagogia histórico-crítica, fundamentada na teoria gramsciana, aponta para a necessidade de se tensionar as relações hegemônicas do mundo a fim de se alcançar um entendimento mais aprofundado sobre a humanidade. Saviani (2008) afirma que é necessário que a ação pedagógica se torne mais coerente, de forma que a filosofia da práxis¹ e o debate sobre as condições de opressão e dos oprimidos sejam reconhecidos com vistas ao fortalecimento do discurso daqueles para quem o capitalismo não está a favor. Entretanto, a escola brasileira, em muitos aspectos, parece ter se distanciado desse objetivo de formação humana, já que muitas práticas educativas apresentam o professor como o único responsável pelo conhecimento (tradicional), enquanto outras anulam a importância do docente como agente transformador do ensino, antepondo o aluno no centro do fazer pedagógico. Para além da envergadura da vara, Saviani (2006) propõe um saber colaborativo, que traz de volta o professor como sujeito que elabora o conhecimento sincrético dos alunos, para que estes alcancem um saber sintético.

A compreensão do professor é sintética porque implica uma certa articulação dos conhecimentos e das experiências que detém relativamente à prática social [...]. Por seu lado, a compreensão dos alunos é sincrética uma vez que, por mais conhecimentos e experiências

¹ “A filosofia da práxis, expressão que Gramsci usava para iludir a censura fascista da prisão, é, para ele, o materialismo histórico e dialético, que está sempre se reelaborando a partir do corpo teórico produzido por Marx e Engels. A filosofia da práxis se constrói como crítica a todo pensamento precedente, ou seja, às filosofias e ao universo cultural existentes” (Mochcovitch, 1988, p. 17).

detenham, sua própria condição de alunos implica uma impossibilidade, no ponto de partida, de articulação da experiência pedagógica na prática social de que participam (Saviani, 2006, p. 70-71).

Assim, pela mediação do professor, ocorre a “passagem da síncrese à síntese; em consequência, manifesta-se nos alunos a capacidade de expressarem uma compreensão da prática em termos tão elaborados quanto era possível ao professor” (Saviani, 2006, p. 72). Nota-se, portanto, que, de acordo com a pedagogia histórico-crítica, o pensamento do professor é considerado superior ao do aluno. Isso em nada tem a ver com uma hierarquização do conhecimento, apenas identifica que o saber do professor é de um especialista, que conhece sinteticamente o pensamento elaborado por meio da ciência; e que o saber do aluno ainda é permeado por um conhecimento desorganizado e genérico (síncrese). Sendo assim, faz-se necessário que haja uma orientação docente para a elaboração do pensamento sincrético do aluno, a fim de transformá-lo em sintético.

Saviani (2008) compreende que, para que esse pensamento se transforme, alguns mecanismos devem operar na prática escolar, sobre os quais não recai nenhum esquematismo ou ordem, entretanto admite que a observação de tais fenômenos garantirá que o aluno atinja o pensamento sintético. De modo geral, a proposta de Saviani (2006) indica que: 1) a ação pedagógica deve partir da prática social, em que o professor é mediador do pensamento sincrético do aluno com o objetivo de atingir o saber sintético; 2) deve ocorrer também a problematização das questões que afetam a prática escolar, como infraestrutura, salários dos professores e formações; 3) em seguida, ocorre a instrumentalização, momento de apropriação das ferramentas culturais suficientes para munir a luta de classe e a compreensão dos conteúdos estruturantes; 4) a catarse que se constitui na elevação do pensamento antes hegemônico, mas agora transformado em benefício das classes oprimidas; e 5) o retorno à prática social, para que toda a ação pedagógica desemboque na transformação da sociedade. Dito isso, percebe-se que Saviani (2006), intuitivamente ou não, pressupõe uma metodologia para o ensino nas escolas de forma a superar a realidade imediata a partir da filosofia da práxis. Contudo, o autor reitera veementemente que esse trabalho só será possível com a leitura dos clássicos. Segundo Saviani e Duarte (2010, p. 45), “pensamos ser possível sintetizar as contribuições da filosofia recorrendo ao conceito de ‘clássico’ que se reporta ao patrimônio cultural da humanidade que deve ser assimilado pelas novas gerações como elemento de sua plena humanização”.

Dessa convicção exorta toda a teoria de Saviani (2008) sobre a importância da leitura dos clássicos na ação pedagógica. De acordo com o autor, o pensamento mais elaborado, aquele que garante as elevações psíquicas do gênero humano, tais como concentração, assimilação e inferências, será desenvolvido pela leitura desses textos, que extrapolam o espaço textual, pois permitem que as experiências sejam transferidas para o mundo. Essa compreensão de Saviani (2011) sobre os clássicos necessita de duas observações importantes. A primeira delas é que, em muitos momentos em que o autor propõe uma leitura dos clássicos, este o fazia apenas no tocante aos conteúdos clássicos, ou seja, aqueles que persistiram ao tempo pela sua importância e necessidade de serem transmitidos/assimilados.

Ao final do ano letivo, após todas essas atividades, fica a questão: as crianças foram alfabetizadas? Aprenderam português? Aprenderam matemática, ciências naturais, história, geografia? Ora, esses são os elementos clássicos do currículo escolar, tão clássicos que ninguém contesta (Saviani, 2012, p. 87).

Dessa maneira, Saviani (2012) afirma que os conteúdos escolares universais específicos de cada área são importantes para munir a classe trabalhadora de condições intelectuais sobre sua própria existência e alienação, para, então, deixar de perceber a realidade de forma imediata. Esse pensamento do autor encontra marcas profundas no ideal de transformação de sociedade proposto por Gramsci (1981), ao definir as estratégias das massas no combate à hegemonia capitalista. Segundo o filósofo italiano, a classe oprimida precisa apropriar-se do pensamento historicamente elaborado de forma a criar indivíduos intelectualmente orgânicos e que sejam capazes de organizar um movimento contra-hegemônico para a diminuição do controle opressor. De acordo com Gramsci, uma das necessidades para essa ação é

Trabalhar incessantemente para elevar intelectualmente camadas populares cada vez mais vastas, isto é, para dar personalidade ao amorfo elemento de massa, o que significa trabalhar na criação de uma elite de intelectuais de novo tipo, que surjam diretamente da massa e que permaneçam em contato com ela para tornarem-se os seus sustentáculos (Gramsci, 1981, p. 27).

Diante disso, percebe-se que, assim como Gramsci (2012), Saviani propõe que a classe oprimida deve apropriar-se do saber estabelecido pela elite para que, a partir disso, seja possível a criação de uma massa de intelectuais que fortaleça a luta de classes em benefício dos oprimidos. Os conteúdos clássicos devem, na teoria da pedagogia histórico-crítica, ser privilegiados para a elevação intelectual das massas e a garantia de resultados satisfatórios no objetivo final de superação do capitalismo.

À vista disso, surgem certos questionamentos a respeito da perpetuação de saberes elitistas historicamente constituídos, bem como a necessidade de refletir sobre quem se beneficia desses conhecimentos e como muitos desses conteúdos soterraram outros saberes, relegados à margem da história ou silenciados por não contarem a história dos vencidos.

Uma segunda orientação proposta pela pedagogia histórico-crítica fundada por Saviani (2008) e que encontra força epistemológica no debate acadêmico é a afirmação do autor sobre a necessidade de a ação escolar se debruçar sobre a leitura dos clássicos literários. Tais textos são compreendidos por Saviani e Duarte como

clássico é aquilo que resistiu ao tempo, tendo uma validade que extrapola o momento em que foi formulado. Define-se, pois, pelas noções de permanência e referência. Uma vez que, mesmo nascendo em determinadas conjunturas históricas, capta questões nucleares que dizem respeito à própria identidade do homem como um ser que se desenvolve historicamente, o clássico permanece como referência para as gerações seguintes que se empenham em se apropriar das objetivações humanas produzidas ao longo do tempo (Saviani; Duarte, 2010, p. 431).

Assim, o autor compreende que os clássicos literários são fundamentais na prática escolar, pois elevam a compreensão do sujeito quanto à sua história. De acordo com o autor, o saber mais elaborado, que permite a compreensão da sociedade para além de uma realidade imediata, advém de um clássico que resistiu a fatores como tempo, maneirismos, estilo e tendência, portanto

Cabe aceitar o convite para entrar na fase clássica, que é aquela em que já se deu uma depuração, ocorrendo a superação dos elementos da conjuntura polêmica com a recuperação daquilo que tem caráter permanente porque resistiu aos embates do tempo (Saviani; Duarte, 2010, p. 432).

Contudo, é mister uma análise atenta sobre as forças que operaram para a perpetuação desta ou daquela literatura, de forma a torná-la clássica, considerando os mecanismos de poder e dominação ideológicos fomentados pelas elites, pelas editoras que ditam muitos desses livros e outras formas de manutenção do controle hegemônico. Entretanto, somente este artigo não seria suficiente para fortalecer este debate, por isso iremos nos ater apenas à compreensão do conceito de clássico desenvolvido pela teoria da literatura e que vem sendo discutido amplamente pela crítica literária. Exploraremos, mesmo que minimamente, algumas compreensões sobre o que é um clássico literário para que possamos entender de que forma os ecos desses conceitos repercutem na teoria de Saviani (2008) e/ou vice-versa.

Por um conceito de clássico

Diversos autores, críticos, filósofos e escritores de literatura discutiram o conceito de clássico. Em suas considerações, lemos diferentes teorias sobre os gêneros literários e também a arte literária, percebendo, com isso, que todos esses autores dão testemunho de suas épocas e compreendem o clássico a partir de um viés recortado da história. Por isso, não faremos neste artigo um juízo de seus conceitos, apenas os leremos atentamente para destacar quais deles poderiam ter contribuído como arcabouço teórico para a pedagogia histórico-crítica, que entende a leitura dos clássicos como uma ação escolar fundamental para a superação da realidade imediata da classe oprimida. Assim, destacamos alguns autores modernos que talvez tenham sido inspirações oportunas para a fundamentação do conceito de clássico defendido pela pedagogia histórico-crítica de Saviani (2008), tais como Eliot (2014), Borges (1999), Eagleton (2006) e Calvino (2007).

O poeta e crítico inglês Eliot, em seu conhecido ensaio *O que é um clássico?*, afirma que “somente graças a uma compreensão tardia, e em uma perspectiva histórica, que um clássico pode ser conhecido como tal” (Eliot, 2014, p. 78). Nesse caso, observamos que o fator temporal é algo determinante para eleger um clássico, assim como Saviani também notou:

Clássico é aquilo que resistiu ao tempo, logo sua validade extrapola o momento em que ele foi proposto. É por isso que a cultura greco-romana é considerada clássica; embora tenha sido produzida na Antiguidade, mantém-se válida, mesmo para as épocas posteriores. Dostoiévski, por exemplo - segundo a periodização dos manuais de história, um

autor contemporâneo -, é tido como um clássico da literatura universal. Da mesma forma, diz-se que Machado de Assis é um clássico da literatura brasileira (Saviani, 2011, p. 87).

Contudo, Eliot (2014) apresenta um elemento pontual de sua crítica que se difere de uma proposta de educação que se alinha ao marxismo. O autor afirma que um clássico apenas poderá resistir ao tempo se tiver sido produzido em uma civilização madura. A maturidade de um clássico, para Eliot (2014, p. 78, grifo do autor), “só pode aparecer quando uma civilização estiver madura, quando uma língua e uma literatura estiverem maduras; e deve constituir a obra de uma *mente* madura”. Ou seja, de acordo com o autor, existem em uma língua e em uma civilização certos elementos que as tornarão maiores e de melhor valor, possibilitando sua resistência ao tempo, somente com essa maturidade – dos costumes, das mentes e da língua – é que os clássicos serão vislumbrados. Segundo Eliot (2014), são os autores de língua inglesa como Shakespeare e Jeremy Taylor as melhores referências de escritores de uma sociedade madura, tanto nos costumes quanto no idioma, que garantem o entendimento do que é um clássico. Além disso, Eliot (2014) contribui para uma construção conceitual que centraliza na Europa as melhores referências de clássicos na literatura, afastando-se do que outros autores vieram a elaborar sobre o assunto, como fez Calvino (1981), escritor italiano e um dos críticos literários mais importantes do século XX, e o britânico Eagleton (2006), escritor, filósofo marxista e um dos críticos mais lidos no Brasil.

Calvino (1993), no capítulo que inaugura sua obra *Por que ler os clássicos*, oferece-nos 14 argumentos sobre a importância de ler a literatura clássica, à medida que elabora conceitos que sustentam sua teoria. Em sua primeira análise, o autor afirma que “os clássicos são aqueles livros dos quais, em geral, se ouve dizer: ‘Estou relendo...’ e nunca ‘Estou lendo...’” (Calvino, 1993, p. 9). Assim sendo, Calvino (1993) admite que o clássico deve ser revelado sob a ótica de um leitor experiente, em um trabalho de releitura que, contudo, nada tem a ver com a compreensão de maturidade de Eliot (2014), mas sim com o imperativo de que o clássico seja analisado à luz de um olhar experiente. O crítico italiano inclui a recepção estética como critério para avaliar se um texto é clássico ou não, visto que apenas um leitor adulto teria condições de compreender as vicissitudes do texto e contribuir para que ele resista ao tempo. Os clássicos, de acordo com Calvino (1993), revelam ao jovem leitor uma visão parcial, uma vez que apenas na idade adulta a leitura se tornará mais satisfatória e prazerosa. Nesse sentido, Calvino (1993) atribui ao clássico uma dimensão formativa da cultura humana muito semelhante às considerações feitas por Saviani (2008) a respeito da literatura clássica. Ambos os autores defendem que os livros clássicos oferecem a capacidade de compreender os seres humanos, sua história, sua formação e cultura. Desse modo, Calvino assevera que

Podem ser (talvez ao mesmo tempo) formativas no sentido de que dão uma forma às experiências futuras, fornecendo modelos, recipientes, termos de comparação, esquemas de classificação, escalas de valores, paradigmas de beleza: todas, coisas que continuam a valer mesmo que nos recordemos pouco ou nada do livro lido na juventude (Calvino, 1993, p. 10).

É este sentido que, tanto na pedagogia histórico-crítica, quanto no conceito que Calvino (1993) confere ao clássico, ressoa a ideia de estas histórias fazerem com que os sujeitos compreendam e nomeiem suas ações, situem-se na história e

reivindiquem um passado que sustente suas experiências futuras. Outra dimensão importante que Calvino (1993) destaca sobre o clássico é a diferenciação em relação ao cânone. Segundo o autor, um clássico é escolhido pelo leitor maduro a partir de uma experiência muito subjetiva, por meio da qual o texto consegue criar uma intimidade com o leitor, fazendo com que o clássico se torne não apenas uma forma de entender o mundo, mas também a si mesmo, ao passo que define a história da humanidade e suas relações pessoais.

Nesse contexto, na teoria de Eagleton (2006), encontramos uma conceituação sobre o clássico que alicerça ainda mais profundamente a pedagogia histórico-crítica de Saviani (2008). Essa relação incide nas referências da teoria do autor inglês e crítico da literatura dos séculos XIX e XX, que dialoga com o marxismo, do qual Saviani (2008) também declara ecoarem suas referências teóricas. Eagleton (2006), em *O que é literatura?*, admite que os conceitos construídos sobre a literatura e os clássicos emergem de uma sociedade que estava muito mais preocupada em manter os padrões de determinada elite do que, de fato, com os critérios estéticos que a elegeram como de maior ou menor valor.

“Valor” é um termo transitivo: significa tudo aquilo que é considerado como valioso por certas pessoas em situações específicas, de acordo com critérios específicos e à luz de determinados critérios. Assim, é possível que, ocorrendo uma transformação bastante profunda em nossa história, possamos no futuro produzir uma sociedade incapaz de atribuir valor a Shakespeare (Eagleton, 2006, p. 17).

Dessa maneira, parece chocante e desconfortante pensar o esquecimento da valiosa produção shakespeariana, porém, no decorrer de sua análise, Eagleton (2006) nos faz ver que sua proposta não se trata de um dogmatismo, e sim de uma questão de valorização de uma cultura em detrimento de outras. Nessa perspectiva, os grafites, por exemplo, que para muitas pessoas sujam a cidade, poderiam ser lidos, a longo prazo, como protestos de uma civilização que se recusou a olhar para os problemas da periferia; isso também se aplica ao *slam poetry*, que desafia a sociedade a pensar sobre a produção poética, ao passo que inaugura uma nova estética e recupera a tradição oral tão esquecida na sociedade moderna. Estas e outras manifestações poderiam, então, figurar entre os clássicos. Se o clássico é analisado com base em uma perspectiva pretérita, é necessário, pois, compreender que muitas das conceituações a esse respeito são forçosamente ditadas a partir de critérios de editoras ou maneirismo elitistas que muito mais perpetuam uma estética hermética, dificultando o acesso da classe trabalhadora à literatura, do que permitem a elevação da cultura por meio do conhecimento.

É importante refletir também sobre o porquê de nos lembrarmos da Europa, principalmente da Grécia Antiga, quando nomeamos os clássicos fundamentais da literatura mundial, e nos esquecemos quais foram as forças de dominação e escravidão que aquela sociedade manteve para perpetuar sua hegemonia e criar seus clássicos. Até poderíamos dar a questão como resolvida se nos reportássemos a critérios da crítica literária, tais como rigor estético, relação restrita entre forma e conteúdo, capacidade do autor em produzir uma arte que dimensione a complexidade humana e outras características para distinguir a literatura clássica daquela que ficou esquecida pelo tempo. No entanto, isso nos levaria a um equívoco epistemológico: filiar esse conceito de clássico a uma matriz teórica que se sustenta pelo crivo dialético do marxismo, como pressupõe a pedagogia histórico-crítica. Nesse sentido, interessa-nos

compreender o clássico como um elemento cultural de valor não apenas estético, mas também que objetive a elevação intelectual da classe oprimida a fim de superar a realidade imediata. Logo, Eagleton arrazoa:

Se não é possível ver a literatura como uma categoria ‘objetiva’, descritiva, também não é possível dizer que a literatura é apenas aquilo que, caprichosamente, queremos chamar de literatura. Isso porque não há nada de caprichoso nesses tipos de juízos de valor: eles têm suas raízes em estruturas mais profundas de crenças, tão evidentes e inabaláveis, quanto o edifício do Empire State (Eagleton, 2006, p. 24).

Para além desse olhar eurocêntrico que analisa o clássico a partir de uma perspectiva elitista, como nota Eagleton (2006), encontramos o escritor e crítico argentino Borges (1999), que defende, em seu audacioso ensaio *Sobre os clássicos*, um conceito que se distancia da compreensão de Eliot (2014) e sustenta que um “clássico é aquele livro que uma nação, ou um grupo de nações, ou o longo tempo decidiram ler como se em suas páginas tudo fosse deliberado, fatal, profundo como o cosmos e passível de interpretações sem fim” (Borges, 1999, p. 168). Com essas considerações, Borges (1999) atribui ao clássico certo fator ideológico, uma vez que os livros que compõem o seletivo grupo dos clássicos de certo grupo ou época foram escolhidos para representar a profundidade de sentidos de uma geração. Logo, isso revela uma crítica de Borges (1999) em defesa do clássico, para além de um determinado rigor ou uma qualidade estética, e aponta para uma literatura que foi escolhida por critérios subjetivos. Mais adiante, o autor argentino rompe com o entendimento de que uma língua apresentaria certas condições que outra não teria para abrigar um clássico. Borges (1999) afirma:

Agora sei que é comum e que está a nossa espreita nas causais páginas do medíocre ou em um diálogo de rua. Assim, embora meu desconhecimento das letras malaias ou húngaras seja completo, tenho certeza de que, se o tempo me propiciasse a ocasião de seu estudo, encontraria nelas todos os alimentos que o espírito requer. Além das barreiras lingüísticas, interferem as políticas ou geográficas. Burns é um clássico na Escócia; ao sul do Tweed, interessa menos que Dunbar ou que Stevenson. A glória de um poeta depende, em suma, da excitação ou da apatia das gerações de homens anônimos que a põem à prova, na solidão de suas bibliotecas (Borges, 1999, p. 168).

Dessa maneira, Borges (1999) vislumbra uma possibilidade de que o clássico esteja presente em todas as civilizações, independentemente de critérios elitistas como a maturidade dos costumes e da língua proposta por Eliot (2014). À vista disso, o que se deve compreender sobre o clássico, de acordo com Borges (1999, p. 169), é que este “é um livro que as gerações de homens, urgidas por razões diversas, lêem com prévio fervor e com uma misteriosa lealdade”. Essa compreensão nos permite mais confortavelmente afirmar que o clássico é um livro selecionado sobre critérios específicos de uma geração e sobre determinadas forças dominantes que, a longo prazo, mantiveram sua importância para a compreensão de uma realidade. Entretanto, também se entende que muitas outras narrativas deixaram de ser valorizadas em detrimento da preservação de certos padrões, que a história revelou estarem ligados à perpetuação do poder das elites dominantes.

Nesse sentido, a pedagogia histórico-crítica, ao eleger os clássicos como conteúdos necessários para a elevação cultural das massas – que por intermédio da ação escolar possibilitarão a compreensão do mundo de forma a modificar a prática social dos sujeitos –, deve fazê-lo por meio de um entendimento do clássico distante de uma definição classista. Ou seja, que não deve operar sobre os valores eurocêntricos e dominantes das elites, mas sim como uma literatura que evidencia a história dos vencidos, em contraposição a muitos textos que perpetuam poderes opressores. Não se trata, porém, de contestar os clássicos estabelecidos pela crítica literária, e sim de aproximar-se eticamente e coerentemente da proposta de análise e transformação do saber sincrético ao sintético sugerido por Saviani (2008), que vê o trabalho escolar com o clássico como uma prática de vida que a escola deve produzir.

Sendo assim, e na tentativa de comprovar o que minimamente propomos até aqui, teceremos algumas considerações acerca da obra e da relevância da literatura do escritor Caio Fernando Abreu, a fim de reivindicar um conceito de clássico que mais se aproxima de uma visão revolucionária ao situar os sujeitos oprimidos e as condições históricas de opressão. Por meio da/e com a literatura de Caio Fernando Abreu é possível compreender o tortuoso e acortinado período da Ditadura Militar no Brasil, bem como o regime de opressão que aglutinou a vida daqueles que ousaram desafiar o poder controlador do Estado. Isso nos leva a afirmar, conforme os critérios discutidos, a priori, que a literatura de Caio Fernando Abreu é um clássico.

Os contos de Caio Fernando Abreu: uma curva no conceito de clássico

O escritor Caio Fernando Abreu, conhecido principalmente por sua produção literária em contos autoficcionais, mesmo em um período em que o termo ainda não tinha a popularidade que alcançou após os anos 2000, viveu o período da Ditadura Militar e sentiu a força da repressão e da censura sobre sua vida e obra. Caio passou por um processo de democratização de sua literatura, que ocorreu concomitante ao próprio período de reabertura política do Brasil, com seus textos sendo republicados após a década de 1990 e tornando-se “virais” a partir dos anos 2000. Entretanto, Caio Fernando Abreu não obteve grandes tiragens em vida, pois sua produção era considerada áspera e até obscena pela elite editorial. As obras do escritor, tanto durante a ditadura quanto após a abertura política, passaram por um processo de invisibilização, uma vez que retratavam um momento da história recente que as forças dominantes se esforçavam para fazer esquecer. Muitos de seus textos incomodavam não apenas o poder dominante do Estado, mas também a sociedade conservadora da época, que buscou manter a política da moral e dos bons costumes cristãos.

Desse modo, muitos contos do escritor foram censurados em virtude do alto teor testemunhal – entendendo esse termo como frequentemente é abordado pela teoria da literatura de testemunho, em especial a partir dos trabalhos de Seligmann-Silva (2003, 2018) – sobre os horrores daquele período e foram desprezados pela crítica conservadora da época, que ainda avaliava a literatura com base nos ecos tardios do estruturalismo francês do século XX. Essa intenção de invisibilizar a obra de Caio Fernando Abreu deve-se, sobretudo, a dois fatores: o primeiro recai sobre o preconceito da crítica literária sobre a autoficção, ainda mal compreendida naquele momento, já que as marcas autorais estavam profundamente presentes na estética literária do escritor; e o segundo, que se entrelaça ao primeiro, é a homossexualidade

do autor, refletida em muitos momentos de sua obra com personagens que tinham relações homoafetivas. Essas características presentes na escrita de Caio Fernando Abreu incomodavam a sociedade conservadora da época, assim como a profunda consciência do escritor sobre a Ditadura Militar. Em uma matéria de 12 de setembro de 2018, o jornalista Tom C. Avendaño, do jornal *El País*, afirmou que Caio “foi repetidamente o que não se podia ser. Gay e crítico da ditadura nos anos setenta e oitenta. Doente de Aids nos anos noventa” (Avendaño, 2018).

Nos anos 2000, Caio Fernando Abreu se tornou um dos autores mais pesquisados pela academia e lido pela grande massa. Grandes editoras como a Companhia das Letras e a Nova Fronteira reeditaram seus livros e as redes sociais passaram a adotá-lo como referência de citações em comunidades virtuais, muitas vezes equivocadamente. Isso nos leva a considerar que essa repercussão converge com a característica apresentada por Calvino (1993, p. 12) sobre os clássicos: “são livros que, quanto mais pensamos conhecer por ouvir dizer, quando são lidos de fato mais se revelam novos, inesperados, inéditos”. Esse aspecto apresentado por Calvino (1993) contribui para que possamos afirmar que a obra de Caio Fernando Abreu é um clássico, assim como o fato de que seus livros resistiram ao tempo por trazerem à tona questões que a história oficial forçosamente tratou de esquecer, mas que, hoje, lidos constantemente, aprofundam-se nas possibilidades de interpretação tipicamente reconhecidas em um clássico, como demonstrou Calvino (1993).

De forma a tornar mais lúcida a afirmação de que a obra de Caio Fernando Abreu é um clássico, analisaremos alguns fragmentos dos contos do autor que evidenciam aquilo que embrionariamente propomos. Em *O ovo*, conto que compõe o livro *Inventário do ir-remediável* (1970), escrito entre os anos de 1966 e 1967, Caio Fernando Abreu nos apresenta um narrador-personagem que vive oprimido e sem esperança mediante o regime medíocre que o governa: “Nunca saí daqui. Nem vou sair mais, eu sei. A cada dia tudo se torna um pouco mais difícil” (Abreu, 1970, p. 36). O narrador conta sua vida simples, comum e nem um pouco interessante, cujos anos lhe trazem apenas alguns amores falsos, porém nenhuma alegria. Mais adiante, esse mesmo narrador revela seu ódio pelos “soldados da brigada”, haja vista que, no decorrer de sua vida, todas as mulheres com quem se relacionou o abandonaram por soldados com “aquela horrível roupa, os coturnos, o casquete – tudo” (Abreu, 1970, p. 36). Esse ódio pelos militares – leia-se soldados – pode ser compreendido como um traço autobiográfico do escritor, que, por muitas vezes, manifestou sua revolta contra o regime.

Fica claro o posicionamento de Caio Fernando Abreu diante da realidade imposta pela ditadura e também o seu enfrentamento ao moralismo; fato pelo qual acreditamos ter repercutido negativamente na sociedade da época, que se sustentava em padrões conservadores. No trecho a seguir do mesmo conto, *O ovo*, lemos:

Quando ele chegava, eu ficava passando na sala sem camisa, às vezes até sem calças, só de cuecas. Ele ficava todo perturbado e desviava os olhos. Eu sentava perto, encostava a perna, piscava um olho pra ele na hora de apertar a mão. Um dia convidei-o pra fazer uma pescaria comigo. Levamos uma barraca, cobertores, pinga, duas dessas camas de armar. E de noite eu comi ele. Com gosto. Como se estivesse com o pau na bunda de todos os soldados da brigada do mundo (Abreu, 1970, p. 37).

Assim, o escritor, por meio do narrador, resolve vingar-se dos militares por meio da característica que, por tantas vezes, o levou a ser julgado e condenado:

sua sexualidade. Esse e outros contos de Caio Fernando Abreu nos levam a considerar sua literatura como um clássico, pois ela permite elaborar uma memória sobre a história daqueles que resistiram à ditadura, já que testemunham a favor dos oprimidos, possibilitando que, mediante uma ação escolar eficiente e comprometida, como sugere a pedagogia histórico-crítica, seja possível superar uma percepção imediata da realidade, uma vez que seus textos passam a contribuir como um vetor cultural para a tomada de consciência sobre o regime de opressão e também sobre a sua própria classe.

No conto *Garopaba mon amour*, do livro *Pedras de Calcutá* (1977), narra-se uma abordagem violenta dos militares a um grupo de jovens numa praia:

- Conta.
- Não sei. (Tapa no ouvido direito.)
- Conta.
- Não sei. (Tapa no ouvido esquerdo.)
- Conta.
- Não sei (Soco no estômago.) (Abreu, 1977, p. 91).

O conto descreve a procura dos militares por um homem que, segundo eles, estava escondido na praia. Inicia-se, então, um interrogatório com os jovens que estavam presentes e, com violência moral e física, os militares praticam tortura sobre aquele grupo, principalmente sobre um jovem, chamado repetidas vezes de “veado” e “maconheiro”:

- Se eu seguir em frente, seu veado, você pode descansar. Se eu dobrar à direita, seu filho da puta, você pode começar a rezar. Pra onde você acha que eu vou, seu maconheiro de merda?
- Pra onde o senhor quiser. Eu não sei. Não me importa mais (Abreu, 1977, p. 92).

É interessante notar que Caio Fernando Abreu passou por uma cena semelhante ao visitar uma amiga que se escondia em uma praia de Santa Catarina, sendo o título do conto (*Garopaba*) o nome de um município desse estado, muito conhecido por suas praias. Esse fato e a caracterização vulgar do sujeito – veado, filho da puta e maconheiro – revelam uma relação estreita entre a narrativa e a própria biografia do autor, por esse motivo podemos afirmar que o conto *Garopaba mon amour* recupera a memória de Caio Fernando Abreu e testemunha contra o regime militar.

Ler os contos de Caio Fernando Abreu nos dias de hoje é trazer à tona aquilo que, enquanto esteve vivo, a sociedade daquela época resolveu esconder: a ditadura, a homofobia, a tortura, a violência do Estado. Os contos viscerais do escritor e seus personagens complexos denunciam aquela sociedade e fazem do autor de *Os sobreviventes* (1982), *Pela noite* (1983), *A chave e a porta* (1970), *Terça-feira gorda* (1982) e *Aqueles dois* (1982) um clássico da literatura contemporânea de extrema representatividade, sobretudo para a comunidade LGBTQIAPN+.

Assim como afirmou Calvino (1993) sobre o papel formativo dos clássicos para a compreensão da sociedade, uma vez que permitem às gerações futuras o entendimento das experiências humanas, a obra de Caio Fernando Abreu se torna uma

centelha para essa possibilidade, já que sua escrita ultrapassa a qualidade estética, situando, orientando e questionando a história oficial como forma de resistência.

Seria imprudente pensar que somente o autor Caio Fernando Abreu se dedicou ao trabalho sobre essa temática ou mesmo que apenas ele fez de sua obra um manifesto revolucionário. Poderíamos, com isso, aproximar-nos de uma consideração em que reside um preciosismo tal qual elaborou Eliot (2014) ao eleger os autores de língua inglesa e a genialidade da lírica grega como superiores por excelência e, portanto, clássicos inigualáveis. Reconhecemos as forças que operaram para que a leitura dos contos de Caio Fernando Abreu se tornasse tão potente na atualidade, tais como as mídias sociais, as grandes editoras, a fetichização da personalidade do autor, entre outras; porém nos importa destacar que, se para a pedagogia histórico-crítica a obra clássica deve suscitar a revolução das classes oprimidas por meio da conscientização das massas, a obra de Caio Fernando Abreu cumpre esse papel.

Devemos considerar também a qualidade da escrita desse escritor como fator preponderante para sua conceituação como clássica. Elementos de sua obra como o coloquialismo – que comunica temas nada convencionais –, a ironia e o hibridismo de gêneros textuais e de linguagens fazem da sua produção uma peça atemporal, que difunde um pensamento transgressor, podendo formar o sujeito ao mesmo tempo que o humaniza e o “faz viver” (Candido, 1995), perceber e sentir a existência do outro. O fragmento do conto *Terça-feira gorda*, extraído do livro *Morangos Mofados* (1982), conduz-nos a crer no quanto a escrita de Caio Fernando Abreu toca e perverte padrões indiscutíveis até então:

Na minha frente, ficamos nos olhando. Eu também dançava agora, acompanhando o movimento dele. Assim: quadris, coxas, pés, onda que desce olhar para baixo, voltando pela cintura até os ombros, onda que sobe, então sacudir os cabelos molhados, levantar a cabeça e encarar sorrindo. [...] Apenas um corpo que por acaso era de homem gostando de outro corpo, o meu, que por acaso era de homem também. Eu estendi a mão aberta, passei no rosto dele, falei qualquer coisa. Eu era apenas um corpo que por acaso era de homem gostando de outro corpo, o dele, que por acaso era de homem também (Abreu, 2005, p. 51).

No fragmento supracitado, o narrador apresenta o amor homoafetivo, deixando-nos anestesiados por uma escrita simples e coesa, que comunica aquilo que estava à margem. Caio Fernando Abreu torna a homossexualidade um fato comum e público. O ritmo cadente da narrativa do escritor ao repetir “eu era apenas um corpo que por acaso era de homem gostando de outro corpo, o dele, que por acaso era de homem também” (Abreu, 1982, p. 11); a sonoridade que parece conduzir o leitor à mesma dança dos dois corpos masculinos; os períodos curtos, simples, como ondas, tão bem descritas pelo narrador; tudo isso contribui para que a escrita de Caio se destaque dentre tantas outras que abordam o mesmo tema.

Essa qualidade estética reside em outros contos de Caio, como em *Os sobreviventes*:

Podia ter dado certo entre a gente, ou não, eu nem sei o que é dar certo, mas naquele tempo você ainda não tinha se decidido a dar o rabo nem eu a lamber buceta, ai que gracinha nossos livrinhos de Marx, depois Marcuse, depois Reich, depois Castaneda, depois Lang embaixo do braço, aqueles sonhos tolos colonizados nas cabecinhas idiotas, bolsas na

Sorbonne, chás com Simone e Jean Paul nos 50 em Paris, 60 em Londres ouvindo here comes the sun here comes the sun little darling, 70 em Nova York dançando disco-music no Studio 54,80 a gente aqui mastigando esta coisa porca sem conseguir engolir nem cuspir fora nem esquecer esse azedo na boca. Já li tudo, cara, já tentei macrobiótica psicanálise drogas acupuntura suicídio ioga dança natação cooper astrologia patins marxismo candomblé boate gay ecologia, sobrou só esse nó no peito, agora faço o quê? (Abreu, 1982, p. 11).

A imprecisão da escrita e a dificuldade em narrar os sentimentos em sua totalidade conflitam com a necessidade e a impossibilidade de representação da narradora, ao mesmo tempo que ela confessa seus desejos homossexuais sufocados em prol da militância durante o regime militar. A narradora constrói um discurso fragmentado, confuso e sem vírgulas, cuja realidade nada mais é do que um mero devaneio, e todas as suas esperanças se esvaem, sobrando-lhe apenas um “nó no peito”. Dessa maneira, Caio elimina a distância estética e constrói uma narrativa isomórfica, que contribui para que possamos reconhecer sua literatura como um clássico de nossa época.

Isso nos permite deduzir que os textos de Caio Fernando Abreu, que expõem e denunciam o coletivo de repressão, seja por meio do tema ou da própria estrutura, convergem-se em um projeto sobre como o mundo deveria ser conforme os valores que atribui em seu texto – ou mesmo na desconstrução provocada por ele. Por conseguinte, confirmamos que a literatura de Caio Fernando Abreu é um clássico aos moldes de uma conceituação que analisa suas obras como manifestações culturais que resistiram ao tempo e que revelam a história dos vencidos, podendo fomentar a consciência de classe e a elevação cultural dos sujeitos por meio da ação escolar, como bem evidenciou Saviani (2008) por meio da pedagogia histórico-crítica.

Considerações finais

Não evidenciamos um problema de conceituação teórica sobre os clássicos neste artigo, nossa discussão se inscreve no fato de que algumas abordagens adotadas pela crítica tradicional se distanciam da proposta da pedagogia histórico-crítica de Saviani (2008). Isso nos levou a considerar que, se o precursor dessa teoria de ensino acredita que a ação escolar deve provocar a revolução da classe oprimida por meio de um trabalho escolar com os clássicos, é equivocada a associação que se faz entre a pedagogia histórico-crítica e algumas conceituações, uma vez que muitas delas se distanciam de uma matriz marxista, como se percebe no conceito de Eliot (2014). O que esperamos ter alcançado foi um arrazoamento de ideias que pudesse minimamente demonstrar que, para a superação da realidade imediata, faz-se necessário que os clássicos literários escolhidos para o trabalho escolar tragam à tona a história a contrapelo, muitas vezes omitida ou escondida pela história oficial em benefício de uma classe para a manutenção do poder hegemônico, como observou Gramsci (1981), referência na qual Saviani (2008) fundamenta sua teoria. Ademais, uma prática escolar que sugere a adoção dos clássicos como livros que estimulam a (r)evolução do pensamento muito mais se aproxima das considerações de Eagleton (2006), Calvino (1993) e Borges (1999), pois esses autores se afastam de uma compreensão preciosista da literatura e reivindicam que o clássico seja eleito por sua relevância história para a formação do gênero humano, mais alinhada à proposta de Saviani (2008). Foi com esse intuito, por meio da análise de quatro contos

de Caio Fernando Abreu – além daqueles mencionados sem citações diretas –, que procuramos mostrar como a literatura do autor se tornou um caminho possível e de forte teor testemunhal para a compreensão de muitas histórias silenciadas durante a Ditadura Militar, o que nos leva a considerar sua literatura como um clássico. Com rigor estético e motivadas por uma causa revolucionária, as obras de Caio Fernando Abreu compõem um arcabouço de referências históricas a favor das classes desprivilegiadas na esfera do poder. Se a ação pedagógica deve pautar-se no clássico como aquele livro que resistiu ao tempo em favor das classes oprimidas, a literatura de Caio Fernando Abreu é um potente material para a compreensão dessa história, a contrapelo.

Referências

- ABREU, C. F. *Inventário do irremediável*. Porto Alegre: Movimento, 1970.
- ABREU, C. F. *Morangos Mofados*. 12. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.
- ABREU, C. F. *Pedras de Calcutá: contos*. São Paulo: Alfa-Ômega, 1977.
- ABREU, C. F. *Triângulo das águas*. Porto Alegre: L&PM, 2005.
- BORGES, J. L. *Obras Completas de Jorge Luis Borges*. São Paulo: Editora Globo, 1999. p. 167-169.
- CALVINO, Í. *Por que ler os clássicos*. São Paulo: Companhia das Letras, 1993.
- CANDIDO, A. Direitos humanos e literatura. In: CANDIDO, A. *Vários escritos*. 3. ed. São Paulo: Duas Cidades, 1995.
- EAGLETON, T. *Teoria da Literatura: uma introdução*. Tradução de Waltensir Dutra. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.
- ELIOT, T. S. O que é um clássico? In: *Ensaio Escolhidos*. 3. ed. Tradução de Maria Adelaide Ramos. Lisboa: Cotovia, 2014. p. 129-146.
- GRAMSCI, A. *Concepção dialética da história*. Rio de Janeiro: Civilização brasileira, 1981.
- MOCHCOVITCH, L. G. Gramsci e a escola. São Paulo: Ática, 1988.
- SAVIANI, D. *Educação: do senso comum à consciência filosófica*. 18. ed. Campinas: Autores Associados, 2008.
- SAVIANI, D. *Escola e democracia*. 38. ed. Campinas: Autores Associados, 2006.
- SAVIANI, D. *Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações*. 11. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2011.
- SAVIANI, D. *Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações*. 11. ed. Campinas: Autores Associados, 2012.



SAVIANI, D.; DUARTE, N. A formação humana na perspectiva histórico-ontológica. *Revista Brasileira de Educação*, São Paulo, 2010.

SELIGMANN-SILVA, M. *História, memória, literatura: o testemunho na era das catástrofes*. Campinas: Unicamp, 2003.

SELIGMANN-SILVA, M. *O local da diferença: ensaios sobre memória, arte, literatura e tradução*. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2018.

A relevância dos sistemas Enterprise Resource Planning (ERP) para a análise de negócios em uma empresa ou organização

THE RELEVANCE OF SYSTEMS ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP) FOR BUSINESS ANALYSIS IN A COMPANY OR ORGANIZATION

LA RELEVANCIA DE LOS SISTEMAS ENTPRISE RESOURCE PLANNING (ERP) PARA EL ANÁLISIS DE NEGOCIO EN UNA EMPRESA U ORGANIZACIÓN

Elisandra Regina Santos
Must University
elisandra.santos.r@gmail.com

Resumo

Este artigo científico é um desdobramento da pesquisa de mestrado “Métodos Quantitativos e Qualitativos para a Tomada de Decisão”, desenvolvida no âmbito do programa de Pós-Graduação em Psicologia Organizacional pela Must University, e aborda a importância dos sistemas Enterprise Resource Planning (ERP) para a análise de negócios em empresas e organizações. O objetivo do estudo é compreender como esses sistemas contribuem para a geração de informações estratégicas, a tomada de decisões e o aprimoramento da eficiência operacional. Com uma abordagem qualitativa, o estudo consiste em uma revisão bibliográfica abrangente, que oferece uma base teórica sólida sobre os sistemas ERP e sua relevância na análise de negócios. Os resultados evidenciam que os sistemas ERP desempenham um papel fundamental na análise de negócios, fornecendo informações precisas e atualizadas, facilitando a identificação de tendências e padrões, bem como o monitoramento de indicadores de desempenho. Além disso, esses sistemas permitem a integração com ferramentas de análise avançadas, como Business Intelligence e Data Analytics. A investigação deste estudo revela que a utilização de um sistema ERP proporciona melhorias na eficiência operacional, reduzindo custos e automatizando processos. Recomenda-se, portanto, a realização de pesquisas futuras que explorem essa temática em diferentes contextos empresariais, a fim de fornecer uma visão mais abrangente e generalizável sobre o assunto.

Palavras-chave: ERP; análise de negócios; eficiência operacional.

Abstract

This article is the outcome of the master’s study on “Quantitative and Qualitative Methods for Decision Making”, which was conducted as part of Must University’s Postgraduate Program in Organizational Psychology. It talks about how important Enterprise Resource Planning (ERP) systems are for business analysis in organizations and businesses. Understanding how these systems support the creation of strategic information, decision-making, and operational efficiency is the goal of the study. Using a qualitative methodology, the study is a thorough literature analysis that offers a solid theoretical framework for ERP systems and their significance in business assessment. The results demonstrate that ERP systems play a fundamental role in business analysis, providing accurate and up-to-date information, making it easier to identify trends and patterns, as well as monitoring performance indicators. In addition, these systems allow integration with advanced analysis tools such as Business Intelligence and Data

Analytics. The research in this study shows that using an ERP system improves operational efficiency, reduces costs and automates processes. It is therefore recommended that future research be carried out exploring this issue in different business contexts, in order to provide a more comprehensive and generalisable view of the subject.

Keywords: ERP; business analysis; operational efficiency.

Resumen

Este artículo científico aborda la importancia de los sistemas de Planificación de Recursos Empresariales, ERP, en el análisis de negocio en una empresa u organización. Este artículo es una derivación de la investigación de maestría, que lleva por título: Métodos Cuantitativos y Cualitativos para la Toma de Decisiones, desarrollada en el ámbito del Programa de Posgrado en Psicología Organizacional, de la Universidad Must. El objetivo del estudio es comprender cómo esos sistemas contribuyen a la generación de información estratégica, la toma de decisiones y la mejora de la eficiencia operativa. Utilizando un enfoque cualitativo, el estudio consiste en una revisión exhaustiva de la literatura, que proporciona una base teórica sólida sobre los sistemas ERP y su relevancia en el análisis empresarial. Los resultados muestran que los sistemas ERP juegan un papel fundamental en el análisis de negocio, proporcionando información precisa y actualizada, facilitando la identificación de tendencias y patrones, así como el seguimiento de indicadores de desempeño. Además, esos sistemas permiten la integración con herramientas de análisis avanzadas, como Business Intelligence y análisis de datos. El análisis de ese estudio revela que el uso de un sistema ERP proporciona mejoras en la eficiencia operativa, reduciendo costes y automatizando procesos. Se recomienda realizar futuras investigaciones que exploren ese tema en diferentes contextos empresariales, con el fin de brindar una visión más integral y generalizable sobre el tema.

Palabras clave: ERP; análisis de negocios; eficiencia operacional.

Introdução

Os sistemas Enterprise Resource Planning¹ (ERP) têm se mostrado fundamentais para o sucesso e a eficiência de empresas e organizações. Esses sistemas integrados de gestão possibilitam a automação e a integração de diversos processos empresariais, fornecendo informações precisas e atualizadas sobre as diferentes áreas do negócio. Com isso, os gestores têm uma visão holística da organização, facilitando a tomada de decisões estratégicas. Nesse contexto, este artigo procura apresentar uma avaliação sobre a importância dos sistemas ERP para a análise de negócios em uma empresa ou organização, destacando os benefícios, as limitações e as possibilidades que esses sistemas oferecem.

Para este propósito, procuramos analisar como os sistemas ERP contribuem para o gerenciamento de negócios em uma empresa ou organização. Assim, serão exploradas as principais vantagens desses sistemas na geração de informações estratégicas, na identificação de tendências e padrões, na verificação de indicadores de desempenho e na integração com outras ferramentas de análise, como Business Intelligence² e Data Analytic.³

¹ Em tradução livre: Planejamento de Recursos Empresariais.

² Business Intelligence (BI): Inteligência de Negócios.

³ Data Analytics: Análise de Dados.

A escolha desse tema se justifica pela crescente relevância dos sistemas ERP na gestão empresarial e pela necessidade das organizações de obterem insights precisos e em tempo real sobre seus processos e desempenho. Compreender como os sistemas ERP podem ser utilizados como ferramentas eficazes na análise de negócios permitirá que as empresas tomem decisões mais assertivas, otimizando seus recursos, identificando oportunidades e melhorando sua competitividade no mercado.

Além disso, é importante destacar que os sistemas ERP não são estáticos e estão em constante evolução para atender às demandas de um ambiente empresarial dinâmico. Com a ascensão de novas tecnologias, como inteligência artificial, machine learning e automação, os sistemas ERP estão se tornando ainda mais sofisticados, oferecendo recursos avançados para a análise de dados e tomada de decisões.

Outro ponto a ser considerado é a crescente importância da mobilidade e da acessibilidade na análise de negócios. Com a disseminação de dispositivos móveis e o aumento do trabalho remoto, os sistemas ERP estão se adaptando para oferecer acesso em tempo real aos dados e às funcionalidades, permitindo que os gestores tomem decisões a qualquer hora e em qualquer lugar.

Por fim, é fundamental ressaltar que o sucesso na implementação e utilização de um sistema ERP depende não apenas da tecnologia, mas também de uma abordagem estratégica e do engajamento de toda a organização. A colaboração entre departamentos, o treinamento adequado dos usuários e uma cultura de inovação são elementos-chave para maximizar os benefícios desses sistemas e impulsionar o crescimento empresarial.

As considerações aqui apresentadas se baseiam na pesquisa intitulada “Métodos Quantitativos e Qualitativos para a Tomada de Decisão”,⁴ que apresenta a seguinte questão de investigação: de que forma os sistemas ERP contribuem para a análise de negócios em uma empresa ou organização, e quais os benefícios e as oportunidades que esses sistemas oferecem para a tomada de decisões estratégicas? A resposta a essa pergunta poderá fornecer insights valiosos para gestores e profissionais envolvidos na área de análise de negócios, contribuindo para o aprimoramento das práticas de gestão e o sucesso das organizações.

Considerações gerais sobre os sistemas ERP

Os sistemas ERP tiveram sua origem no final da década de 1950 e início dos anos 1960, com o desenvolvimento dos primeiros sistemas de processamento de dados e computadores mainframe (Wailgum, 2008). Inicialmente, esses sistemas eram voltados para a automação de tarefas específicas, como folha de pagamento e controle de estoque, e operavam de forma isolada, sem integração com outros sistemas da empresa (Davenport, 1998). No entanto, à medida que as empresas cresceram e se tornaram mais complexas, surgiu a necessidade de uma solução mais abrangente, que pudesse integrar e coordenar todas as funções e processos empresariais em um único sistema centralizado.

Foi somente na década de 1990 que os sistemas ERP começaram a ganhar popularidade, sendo amplamente adotados pelas empresas (Motwani; Mirchandani; Madan, 2005). Esse período foi marcado pelo avanço da tecnologia de computação e pela disponibilidade de software comercialmente viável para atender às necessidades de

⁴ Dissertação da autora (2024).

gestão empresarial (Kumar; Hillegersberg, 2000). Empresas como SAP, Oracle e Baan foram pioneiras no desenvolvimento de sistemas ERP modulares e flexíveis, capazes de atender às demandas de organizações de diferentes portes e setores (Shanks; Parr; Hu, 2000). Desde então, os sistemas ERP evoluíram significativamente, incorporando novas tecnologias, como computação em nuvem e inteligência artificial, para oferecer recursos mais avançados e adaptáveis às necessidades em constante mudança das empresas modernas (Al-Mashari; Al-Mudimigh; Zairi, 2003). A seguir, apresento considerações importantes sobre a implantação e as vantagens decorrentes da utilização dos sistemas ERP

A implantação de sistemas ERP

A implantação de sistemas ERP é um processo complexo e estratégico que envolve a adoção de um sistema integrado para gerenciar e automatizar os processos de negócios de uma empresa. A implantação bem-sucedida de um ERP requer um planejamento cuidadoso, o envolvimento de todas as partes interessadas e uma abordagem sistemática (Perez; Berlezzi, 2011).

Sobre os principais aspectos da implantação de sistemas ERP, um planejamento detalhado deve ser considerado como o primeiro passo na implantação de um ERP. Isso envolve definir os objetivos e requisitos da empresa, identificar os processos que serão afetados e estabelecer um cronograma e um orçamento. Além disso, é importante realizar uma seleção criteriosa do fornecedor do sistema ERP, considerando suas funcionalidades, a experiência no setor, o suporte pós-implantação e a adequação às necessidades específicas da empresa (Fernandes, 2015).

Nesse contexto, é importante considerar também que o envolvimento e o comprometimento da alta administração são cruciais para o sucesso da implantação do ERP. A liderança da empresa deve demonstrar apoio, promover a relevância da mudança e alocar recursos adequados, além de designar uma equipe responsável pela implantação. Para isso, antes de implementar o sistema ERP, é recomendável revisar e redesenhar os processos de negócios existentes.

Esse processo de reengenharia consiste em examinar criticamente os processos existentes, identificar áreas de melhoria e redesenhar os processos para que se alinhem com as melhores práticas e os recursos oferecidos pelo ERP. Esse procedimento é essencial para garantir uma transição suave e eficaz. Assim, o referido processo pode envolver a eliminação de redundâncias, a simplificação de fluxos de trabalho complexos e a implementação de novos procedimentos que aproveitem ao máximo os recursos e as funcionalidades do sistema ERP. Ao realizar essa revisão e redesenho dos processos, as empresas podem maximizar os benefícios do ERP, como a eficiência operacional, a integração de dados e a capacidade de adaptação às mudanças do mercado. É uma oportunidade para identificar ineficiências, eliminar atividades desnecessárias e alinhar os processos com as melhores práticas do setor. A reengenharia de processos é essencial para maximizar os benefícios do ERP e garantir uma implantação eficiente (Fernandes, 2015).

Para Fernandes (2017), não se deve esquecer que, no decorrer da implantação, o sistema ERP precisa ser configurado e personalizado para atender aos requisitos específicos da empresa. Isso pode incluir a definição de parâmetros, a criação de fluxos de trabalho, a adaptação de formulários e relatórios, entre outros. É importante equilibrar a customização com a adoção das melhores práticas do sistema, a fim de minimizar a complexidade e os custos associados.

Dessa forma, a capacitação dos usuários finais é fundamental para garantir uma adoção efetiva do sistema ERP. É necessário fornecer treinamento adequado para os funcionários, abrangendo desde o treinamento básico sobre o uso do sistema até a compreensão dos processos e fluxos de trabalho relacionados. Isso ajudará a minimizar a resistência à mudança e permitirá que os colaboradores tirem o máximo proveito do sistema (Fernandes, 2015).

Além disso, antes de colocar o sistema ERP em produção, é necessário realizar testes rigorosos para garantir que todas as funcionalidades estejam operando corretamente e atendendo aos requisitos da empresa. É essencial estabelecer um plano de acompanhamento pós-implantação, a fim de identificar e corrigir quaisquer problemas ou ajustes necessários. A implantação de um sistema ERP envolve uma mudança significativa nos processos e na cultura organizacional (Fernandes, 2017). É fundamental ter uma estratégia de gestão da mudança que inclua comunicação clara, envolvimento dos funcionários, identificação e gerenciamento de resistências, além de incentivos e reconhecimento para promover a adoção e aceitação do novo sistema.

Ademais, durante a implantação, é necessário migrar os dados existentes para o novo sistema. Isso inclui a extração, transformação e carga (ETL)⁵ dos dados de sistemas legados para o formato adequado do ERP. É crucial garantir a integridade e a consistência dos dados durante o processo de migração e após a implantação do sistema ERP, sendo importante monitorar e avaliar constantemente seu desempenho e eficácia. Isso envolve a realização de auditorias, a coleta de feedbacks dos usuários e a identificação de áreas de melhoria. Além disso, é preciso fornecer suporte contínuo aos usuários, como assistência técnica, atualizações e treinamentos adicionais, para garantir o máximo de aproveitamento do sistema (Fernandes, 2015).

Como ressaltado, a implantação bem-sucedida de um sistema ERP proporciona uma série de benefícios para a empresa, como melhoria da eficiência operacional, otimização dos processos, integração de informações, tomada de decisões baseadas em dados e maior controle e visibilidade sobre as operações. Entretanto, é importante avaliar regularmente os resultados alcançados e medir o retorno sobre o investimento (ROI)⁶ do sistema ERP.

Dessa forma, a implantação de um sistema ERP é um processo desafiador, mas essencial para a melhoria dos processos e a gestão eficiente de uma empresa. Requer planejamento cuidadoso, engajamento da alta administração, reengenharia de processos, treinamento adequado, acompanhamento pós-implantação e uma abordagem estratégica para garantir o sucesso e maximizar os benefícios do sistema.

A relevância dos sistemas ERP

A relevância dos sistemas ERP para a análise de negócios em uma empresa ou organização é incontestável nos dias de hoje. Os sistemas ERP são plataformas integradas que permitem a automação e a gestão de diversos processos empresariais, como finanças, contabilidade, recursos humanos, logística e produção, em um único sistema centralizado. Com o aumento da complexidade e competitividade do mercado empresarial, tornou-se imprescindível contar com ferramentas que

⁵ Acrônimo para: Extrair, Transformar e Carregar.

⁶ Acrônimo para o inglês: Return on Investment.

possibilitem a coleta, organização e análise de dados em tempo real para embasar decisões estratégicas.

Ao utilizar um sistema ERP, as empresas podem consolidar informações de diferentes áreas e departamentos em um único banco de dados, proporcionando uma visão integrada e holística de suas operações. Isso possibilita uma melhor compreensão do desempenho do negócio, identificação de tendências, detecção de oportunidades e ameaças, facilitando a comunicação e a colaboração entre equipes. Além disso, os sistemas ERP oferecem funcionalidades avançadas de relatórios e análises, permitindo que os gestores extraiam insights valiosos dos dados para tomadas de decisão mais informadas e estratégicas (Santos, 2019).

É importante ressaltar que a implementação de um sistema ERP não é apenas uma questão de tecnologia, mas também envolve mudanças nos processos e na cultura organizacional. Portanto, além de investir em uma solução tecnológica robusta, as empresas precisam dedicar recursos para o planejamento e a execução de um processo de implementação eficaz. Isso inclui a identificação clara dos objetivos e requisitos do sistema, o envolvimento de todas as partes interessadas desde o início do projeto, o treinamento adequado dos usuários e a definição de métricas de desempenho para avaliar o sucesso da implementação.

É fundamental que as empresas estejam preparadas para enfrentar os desafios que podem surgir durante o processo de implementação, como resistência à mudança, integração com sistemas legados e garantia da qualidade dos dados. Ao superar esses desafios e implementar com sucesso um sistema ERP, as empresas estarão mais bem posicionadas para obter os benefícios prometidos por essa tecnologia.

Em suma, os sistemas ERP desempenham um papel fundamental na análise de negócios em empresas e organizações, proporcionando uma base sólida para tomadas de decisão estratégicas e informadas. Ao adotar e implementar adequadamente um sistema ERP, as empresas podem aumentar sua eficiência operacional, melhorar a colaboração entre equipes, identificar oportunidades de crescimento e garantir sua competitividade no mercado atual.

Retorno sobre o investimento

Os sistemas ERP são soluções de software integradas que abrangem diversos processos e áreas de uma organização, como finanças, recursos humanos, compras, vendas, produção, logística, entre outros. Eles permitem a centralização de dados, padronização de processos e integração de departamentos, criando uma base sólida para a análise de negócios (Santos, 2019).

Um dos principais benefícios dos sistemas ERP é a centralização de dados. Antes da implementação desses sistemas, muitas empresas lidavam com informações dispersas em planilhas, documentos físicos e sistemas isolados. Isso dificultava o acesso rápido e eficiente aos dados necessários para análise. Com um sistema ERP, todas as informações relevantes ficam concentradas em um único local, tornando mais fácil e rápido obter dados atualizados e precisos para análise (Santos, 2019). Deve-se ter em conta que, ao implementar um sistema ERP, a empresa pode alinhar seus procedimentos às melhores práticas de mercado, em um processo de constante atualização. Isso significa que os processos internos são otimizados e unificados, o que facilita a compreensão e análise dos dados. A padronização também permite a comparação entre diferentes áreas da organização e a identificação de áreas de melhoria, contribuindo para uma análise mais abrangente e consistente (Romeiro; Rodello, 2015).

A integração de departamentos também é um fator crucial para a análise de negócios. Muitas vezes, as decisões estratégicas dependem de informações provenientes de diferentes áreas da empresa. Com um sistema ERP, os dados são compartilhados e atualizados em tempo real, permitindo que os gestores tenham uma visão panorâmica de todas as operações. Isso facilita a identificação de correlações, tendências e oportunidades de melhoria que podem passar despercebidas quando os dados são isolados (Romeiro; Rodello, 2015).

Os sistemas ERP também fornecem recursos avançados de geração de relatórios e análises. Por meio de dashboards, gráficos e indicadores-chave de desempenho, é possível visualizar de forma clara e objetiva o resultado financeiro, a eficiência operacional, as vendas, os custos, entre outros aspectos relevantes para a análise de negócios. Essa capacidade de apresentar dados de forma visual e acessível permite uma compreensão mais rápida e precisa da situação da empresa, facilitando a tomada de decisões informadas (Romeiro; Rodello, 2015).

Como consequência, o monitoramento do desempenho do negócio passa a ser contínuo. Com esses sistemas, é possível acompanhar em tempo real os indicadores de desempenho, receber alertas e notificações automáticas sobre desvios e metas atingidas. Isso permite uma gestão proativa, possibilitando a identificação precoce de problemas e a implementação de ações corretivas antes que eles se tornem crises (Santos, 2019).

A tecnologia desempenha um papel fundamental no mundo dos negócios atual, proporcionando uma série de vantagens e benefícios para as empresas. Nesse contexto, destaco algumas vantagens que um ERP eficiente traz para uma organização, além de abordar os principais módulos desse sistema integrado. A utilização da tecnologia permite a automação de processos e tarefas rotineiras, reduzindo a dependência de trabalho manual e aumentando a eficiência operacional. Além disso, a tecnologia agiliza a execução de atividades, contribuindo para a redução de erros e retrabalhos ao mesmo tempo que libera tempo para que os colaboradores possam se dedicar a tarefas de maior valor agregado (Mariano, 2017).

Com o acesso a dados precisos e em tempo real, a tecnologia proporciona uma base sólida para a tomada de decisões estratégicas. Os gestores podem analisar informações detalhadas sobre o desempenho da empresa, identificar tendências, padrões e oportunidades, e tomar decisões mais informadas e assertivas (Santos, 2019). É importante enfatizar também que a tecnologia facilita a comunicação e a colaboração entre os membros da equipe mesmo quando estão geograficamente dispersos. Com ferramentas como e-mails, chats, videoconferências e plataformas de colaboração, é possível compartilhar informações, trocar ideias e trabalhar de forma conjunta, aumentando a produtividade e a eficácia das equipes (Mariano, 2017).

Nesse mesmo cenário, a tecnologia permite a implementação de sistemas de atendimento ao cliente mais eficientes e personalizados. Com o uso de Customer Relationship Management (CRM),⁷ integrado ao ERP, é possível acompanhar todo o histórico de interações com os clientes, oferecer um serviço mais personalizado, antecipar necessidades e garantir um atendimento de qualidade, fortalecendo o relacionamento com o cliente (Mariano, 2017). Desse modo, a tecnologia impulsiona a inovação nas empresas, permitindo o desenvolvimento de novos produtos, serviços e modelos de negócios. Ela possibilita a automação de processos, a criação de novas formas de interação com o cliente e a exploração de tecnologias emergentes,

⁷ CRM corresponde à: Gestão de Relacionamento com o Cliente.

como inteligência artificial, análise de dados avançada e Internet das Coisas (IoT).⁸ Tudo isso contribui para aumentar a competitividade da empresa no mercado.

Síntese das vantagens e dos benefícios de um ERP eficiente

A seguir, vamos abordar os benefícios dos ERP, relacionando seus módulos específicos. Ressalta-se que esses módulos desempenham funções distintas dentro do sistema.

A eficiência de um ERP é evidente nos processos de uma empresa, abrangendo áreas como finanças, vendas, produção e logística. Isso elimina a necessidade de sistemas separados e assegura a consistência e a precisão dos dados em toda a organização. Com um ERP eficiente, os gestores têm acesso a informações atualizadas em tempo real sobre as operações do negócio, proporcionando uma visão completa e atualizada do desempenho da empresa – isso facilita a tomada de decisões ágeis e informadas (Mariano, 2017).

Dessa forma, um ERP eficiente automatiza tarefas e processos, reduzindo a dependência de trabalho manual. Isso aumenta a eficiência e a produtividade dos colaboradores, pois eles podem se concentrar em atividades de mais valor agregado, em vez de se ocuparem com tarefas repetitivas e burocráticas. O ERP assim constituído fornece uma visão holística do negócio, integrando dados de diferentes áreas e departamentos, o que faz com que os gestores tenham uma compreensão abrangente das operações e do desempenho da empresa, identificando áreas de melhoria, oportunidades de crescimento e dificuldades inerentes ao negócio (Teles; Silva, 2014). A esse respeito, pelo potencial de facilitar a colaboração e a comunicação entre os diferentes setores da empresa, os funcionários podem compartilhar informações, documentos e recursos de maneira mais eficiente, garantindo mais integração e alinhamento entre as equipes.

Por exemplo, o módulo financeiro do ERP desempenha um papel crucial em várias áreas, como contas a pagar, contas a receber, controle de caixa, conciliação bancária, gestão de ativos fixos e contabilidade geral. Ele é encarregado de registrar e controlar todas as transações financeiras da empresa, garantindo uma gestão precisa e eficiente dos recursos.

Nesse contexto, há a contribuição para diversas funções, como contas a pagar, contas a receber, controle de caixa, conciliação bancária, gestão de ativos fixos e contabilidade geral. Esse módulo é responsável por registrar e controlar as transações financeiras da empresa (Teles; Silva, 2014). Quanto às atividades relacionadas ao processo de vendas, desde o registro de leads e oportunidades até a gestão de contratos e pós-vendas, o módulo de CRM auxilia no gerenciamento do relacionamento com os clientes, armazenando informações sobre interações e histórico de compras (Teles; Silva, 2014).

Há que se considerar que um ERP eficiente engloba o processo de aquisição de materiais desde a solicitação de compra até a gestão de fornecedores e controle de estoque. Esse módulo auxilia na automatização do processo de compras, otimizando o controle de estoque e o relacionamento com fornecedores, essencial para empresas que possuem operações de manufatura ou produção (Teles; Silva,

⁸ A abreviação IoT para “Internet das Coisas” é derivada das palavras em inglês, “*Internet of Things*”.

2014). Ademais, também gerencia o processo de produção, incluindo o controle de estoque, a programação da produção, a gestão de ordens de produção e o planejamento de materiais.

Um ERP eficiente também compreende funções relacionadas à gestão dos recursos humanos, como folha de pagamento, controle de ponto, gestão de benefícios, recrutamento e treinamento. Esse módulo auxilia no gerenciamento eficiente dos colaboradores, desde a contratação até o desenvolvimento e a retenção de talentos. Esses são apenas alguns dos principais módulos encontrados em um ERP. A escolha dos módulos dependerá das necessidades e do escopo específico de cada empresa (Santos, 2019).

Em síntese, um sistema ERP é uma solução de software que desempenha um papel fundamental na gestão e análise de negócios em empresas e organizações, pois sua importância reside na capacidade de integrar e centralizar os processos de negócios em uma única plataforma, fornecendo uma visão holística e em tempo real das operações (Santos, 2019). É desse modo que o sistema possibilita que as informações fluam de forma eficiente entre os departamentos, eliminando a necessidade de sistemas isolados e retrabalhos. Essa integração aumenta a eficiência operacional, reduz erros e agiliza as operações da empresa. Essa visão abrangente do negócio, fornecendo informações atualizadas sobre vendas, estoques, finanças, produção e outras áreas-chave, possibilita uma melhor compreensão do desempenho da empresa e facilita a tomada de decisões estratégicas e o planejamento de longo prazo.

A automatização de processos é outra vantagem significativa. Um sistema ERP eficiente automatiza tarefas e processos manuais, reduzindo a dependência de trabalho manual e minimizando erros. Processos como controle de estoque, geração de relatórios, faturamento e contabilidade podem ser automatizados, resultando em maior eficiência operacional, produtividade aprimorada e redução de custos (Mariano, 2019).

O sistema ERP também melhora a colaboração e a comunicação entre os diferentes departamentos e membros da equipe. Os dados são compartilhados em tempo real, permitindo uma coordenação e alinhamento mais eficazes. Assim, os recursos de mensagens internas, compartilhamento de documentos e fluxos de trabalho colaborativos do ERP promovem a colaboração efetiva, melhorando a eficiência e a qualidade do trabalho em equipe (Mariano, 2019).

Um benefício adicional é a tomada de decisão baseada em dados. Um sistema ERP fornece informações precisas e atualizadas, permitindo que os gestores tomem decisões embasadas em dados concretos. Relatórios e análises fornecidos pelo ERP auxiliam na identificação de tendências, análise de desempenho, previsão de demanda e identificação de áreas de melhoria. Isso possibilita decisões mais assertivas, impulsionando o crescimento e o sucesso da empresa (Mariano, 2019).

Limitações dos sistemas ERP

Apesar dos inúmeros benefícios que os sistemas Enterprise Resource Planning oferecem para as empresas e organizações, é importante reconhecer que essas plataformas também apresentam algumas limitações que podem afetar sua eficácia e desempenho. Nesta seção, iremos explorar algumas das principais limitações dos sistemas ERP com base nas considerações de diversos autores.

- **Custo de implementação e manutenção:** um dos principais desafios associados aos sistemas ERP é o elevado custo de implementação e manutenção. De acordo com Brown e Vessey (2018), o investimento inicial na aquisição e personalização de um sistema ERP pode ser significativo, além dos custos contínuos de atualização, suporte técnico e treinamento de usuários.
- **Complexidade e customização:** os sistemas ERP são altamente complexos e requerem uma considerável customização para atender às necessidades específicas de cada empresa. No entanto, essa customização pode aumentar ainda mais os custos e a complexidade do sistema, conforme apontado por Laudon e Laudon (2019).
- **Rigidez e falta de flexibilidade:** uma das críticas frequentes aos sistemas ERP é sua rigidez e falta de flexibilidade para se adaptar a mudanças nos processos de negócios. Segundo Davenport (2016), muitas empresas enfrentam dificuldades para modificar ou atualizar seus sistemas ERP para acompanhar as mudanças nas demandas do mercado e nas estratégias organizacionais.
- **Integração com sistemas legados:** para empresas com sistemas legados já estabelecidos, a integração com um novo sistema ERP pode ser um desafio. A compatibilidade e interoperabilidade entre os sistemas podem ser complicadas, causando problemas de integração e perda de dados, conforme observado por Shanks, Parr e Hu (2000).
- **Segurança e privacidade dos dados:** a centralização de dados em um único sistema ERP também gera preocupações com segurança e privacidade. Vários estudos, como o de Hitt, Ireland e Hoskisson (2017), destacam a importância de implementar medidas robustas de segurança cibernética para proteger os dados sensíveis armazenados nos sistemas ERP contra ameaças externas e internas.

Embora essas limitações possam representar desafios significativos para as empresas, é importante abordá-las de forma proativa e implementar estratégias para mitigar seus impactos. Ao reconhecer e compreender as limitações dos sistemas ERP, as empresas podem tomar decisões mais informadas e desenvolver estratégias eficazes para maximizar os benefícios dessas plataformas de gestão.

Considerações finais

A implantação de um sistema ERP é uma iniciativa estratégica e complexa para empresas e organizações. Ao longo deste texto, enfatizou-se a importância desses sistemas para a análise de negócios, com base nas considerações de diversos autores sobre as vantagens que um ERP eficiente proporciona.

Um sistema ERP bem implementado oferece uma série de benefícios essenciais. A integração de processos proporcionada por um ERP possibilita uma visão holística do negócio, unificando dados e operações de diferentes áreas funcionais. Essa integração promove a eficiência operacional ao eliminar silos de informação e redundâncias, permitindo uma verificação mais abrangente e precisa do desempenho empresarial.

Além disso, a automação de processos proporcionada por um sistema ERP reduz a dependência de tarefas manuais e repetitivas, aumentando a produtividade e reduzindo erros e retrabalhos. A melhoria da colaboração e comunicação entre os departamentos é outra vantagem fundamental, facilitando o compartilhamento de informações e a cooperação em projetos e iniciativas estratégicas.

A tomada de decisão baseada em dados é uma das principais vantagens dos sistemas ERP. Ao fornecer acesso a informações atualizadas e análises detalhadas,

os sistemas ERP capacitam os gestores a tomar decisões mais embasadas e estratégicas, alinhadas aos objetivos organizacionais.

No entanto, é crucial reconhecer que a implantação de um sistema ERP requer um planejamento cuidadoso e uma abordagem estratégica. O envolvimento da alta administração é fundamental para garantir o alinhamento dos objetivos do ERP com a estratégia organizacional. A reengenharia de processos é muitas vezes necessária para adaptar os fluxos de trabalho existentes aos recursos e às funcionalidades do sistema ERP.

O treinamento adequado dos usuários é essencial para garantir a adoção e utilização eficaz do sistema ERP. Além disso, uma gestão efetiva da mudança é necessária para lidar com resistências e garantir a aceitação e o suporte contínuo por parte dos funcionários.

A escolha de um fornecedor confiável e a consideração das necessidades específicas da empresa são passos importantes no processo de seleção e implementação do sistema ERP. Envolvendo todas as partes interessadas desde o início, é possível garantir que o sistema atenda às expectativas e aos requisitos do negócio.

A implementação bem-sucedida de um sistema ERP pode aumentar a competitividade, aprimorar a eficiência e melhorar a capacidade de adaptação e crescimento da empresa. Ao integrar essa tecnologia e aproveitar seus benefícios, as empresas podem fortalecer sua posição no mercado, tomar decisões mais embasadas e operar com maior eficiência, alcançando, assim, resultados mais expressivos.

Em suma, os sistemas ERP desempenham um papel crucial na gestão e análise de negócios, oferecendo muitas vantagens significativas. É fundamental que as empresas adotem uma abordagem estratégica e cuidadosa ao implementar um sistema ERP, garantindo um planejamento adequado, envolvimento das partes interessadas e uma gestão eficaz da mudança para maximizar os benefícios e garantir o sucesso a longo prazo.

Referências

AL-MASHARI, M. C.; AL-MUDIMIGH, A.; ZAIRI, M. Enterprise resource planning: A taxonomy of critical factors. *European Journal of Operational Research*, [s. l.], v. 146, n. 2, 2003.

BROWN, C. V.; VESSEY, I. Managing the next wave of enterprise systems: leveraging lessons from ERP. *MIS*, [s. l.], 2018.

DAVENPORT, T. H. Putting the enterprise into the enterprise system. *Harvard Business Review*, [s. l.], v. 76, n. 4, 1998.

FERNANDES, R. B. A utilização de sistemas de ERP como antecedente da eficiência e eficácia (inter) organizacional: Um estudo em dimensões estratégicas em pequenas e médias empresas. *Revista Produção Online*, Santa Cruz do Sul, 2015. Disponível em: <https://producaoonline.emnuvens.com.br/rpo/article/view/1954>. Acesso em: 21 dez. 2023.

FERNANDES, R. B. Impacto da utilização de sistemas de ERP em dimensões estratégicas de pequenas e médias empresas. *Revista Exacta*, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/6595>. Acesso em: 23 jan. 2024.

HITT, M.; IRELAND, R. D.; HOSKISSON, R. Strategic Management: Competitiveness and Globalization. Cases, [s. l.], 2017.

KUMAR, K.; HILLEGERSBERG, J. V. ERP experiences and evolution. *Communications of the ACM*, v. 43, n. 4, 2000.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. *Sistemas de informação gerenciais*. 9. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2019.

MARIANO, A. M.; ROCHA, M. S. Revisão da literatura: apresentação de uma abordagem integradora. In: AEDEM International Conference, [s. l.], 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319547360_Revisao_da_Literatura_Apresentacao_de_uma_Abordagem_Integradora. Acesso em: 15 dez. 2023.

MARIANO, A.; SANTOS, M. Revisão da Literatura: Apresentação de uma Abordagem Integradora. In: AEDEM International Conference, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/rbic/article/view/113>. Acesso em: 21 dez. 2023.

MOTWANI, J.; MIRCHANDANI, D. A.; MADAN, M. Successful implementation of ERP projects: Evidence from two case studies. *International Journal of Production Economics*, [s. l.], 2005. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/proeco/v75y2002i1-2p83-96.html>. Acesso em: 3 jan. 2024.

PEREZ, G.; BERLEZZI, F. L. C. Fatores que determinam a escolha de um Sistema de Planejamento Integrado (ERP) em pequenas e médias empresas: um estudo usando a análise fatorial. *Revista da Micro e Pequena Empresa*, São Paulo, p. 18, 2011.

ROMEIRO, B.; RODELLO, I. Caracterização da Utilização de Sistemas ERP Open Source por Empresas Brasileiras e Estrangeiras. *Revista Gestão*, [s. l.], 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/308710711_Caracterizacao_da_Utilizacao_de_Sistemas_ERP_Open_Source_por_Empresas_Brasileiras_e_Estrangeiras. Acesso em: 11 jan. 2024.

SANTOS, B. dos. O ERP na gestão de pequenas e médias empresas: um estudo de caso. *Revista Fatec Zona Sul*, Santo Amaro, 2019. Disponível em: <https://www.revistarefas.com.br/RevFATECZS/article/view/344>. Acesso em: 10 jan. 2024.

SHANKS, G.; PARR, A.; HU, B. Complexity in enterprise systems and its management. *Journal of Information Technology*, [s. l.], v. 15, n. 4, 2000.

TELES, F.; SILVA, R. M. Avaliação da satisfação dos usuários de sistemas ERP nas médias empresas de confecção do vestuário de Fortaleza. *Revista Produção Online*, Santa Cruz do Sul, 2014. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1374>. Acesso em: 4 jan. 2024.

WAILGUM, T. (2008). ERP Definition and Solutions. Disponível em: <https://www.cio.com/article/2439502/enterprise-resource-planning-what-is-erp.html>. Acesso em 15 fev. 2024.

Sobre a prática musical nas escolas

ABOUT MUSICAL PRACTICE IN SCHOOLS

SOBRE LA PRÁCTICA MUSICAL EN LAS ESCUELAS

Estércio Marquez Cunha

Escola de Música e Artes Cênicas da UFG (Emac)

estercio1941@gmail.com

Resumo

Este artigo, que explica sucintamente as Oficinas de Música dos anos 1980, reflete sobre a importância das práticas de música/arte nas escolas de ensino regular atuais. A prática de arte, baseada no trinômio criação, interpretação e fruição, é fundamental para o desenvolvimento da percepção, fator integrante do processo de conhecimento. Além disso, também examina a influência negativa da indústria cultural no processo educacional.

Palavras-chave: educação; música; percepção; conhecimento; comunicação.

Abstract

This article provides a concise overview of, the Music Workshops from the 1980s and highlights the contemporary significance of music/art practices in regular schools. The practice of art, based on the trinomial creation, interpretation, and fruition, is fundamental in the development of perception, an integral factor in the knowledge process. It also reflects on the negative influence of the culture industry on the educational process.

Keywords: education; music; perception; knowledge; communication.

Resumen

Este artículo, que explica sucintamente los Talleres de Música de los años 1980, reflexiona sobre la importancia, hoy en día, de las prácticas musicales/artísticas en las escuelas regulares. La práctica del arte, basada en el trinomio creación, interpretación y frucción, es fundamental en el desarrollo de la percepción, factor integral del proceso de conocimiento. También se reflexiona sobre la influencia negativa de la Industria Cultural en el proceso educativo.

Palabras clave: educación; música; percepción; conocimiento; comunicación.

Muitos colegas hoje me perguntam sobre minha experiência com a Oficina Básica de Música. Neste artigo, tento descrever essa prática e acabo por refletir sobre a prática da música, ou da arte, nas escolas de ensino regular.

As oficinas de música correspondem a disciplinas dos cursos de licenciatura em Educação Artística na década de 1980, com o objetivo de serem aplicadas nas escolas. Na UFG, naquela época, fui responsável pela implantação e prática dessa disciplina.

Em 1988, a professora Denise Álvares Campos publica seu estudo “Oficina de Música: uma caracterização de sua metodologia”, no qual analisa essa prática em diferentes universidades, inclusive na UFG (Campos, 1988).

Em relação a essas oficinas, entendo que não são uma metodologia, e sim uma prática que, em cada local, acontece de maneira diferente. Todos, porém, têm como objetivo em comum a percepção e a organização dos elementos de música: silêncio, som

e ritmo, e da conscientização de tempo e espaço. Desse modo, descrevo aqui a minha prática não como receita, mas como verificação.

Tenho em mente que a prática musical deve se basear no trinômio criação, interpretação e fruição, e que, sendo prática, a cada exercício deve-se seguir discussões sobre o que se faz. Nesse sentido, inicio minhas práticas sempre com exercícios-estratégias de percepção do silêncio, do corpo e do espaço. Exercícios simples, tais como escutar o som da rua, escutar o som da sala vizinha, escutar o som da nossa sala – só é possível escutar se houver silêncio atento –, levantar-se das carteiras, caminhar pela sala sem produzir nenhum ruído.

Das práticas de percepção do silêncio e do espaço, passo às práticas com sons corporais, começando com sons vocais – massa sonora sem altura definida –, com uso de vogais prolongadas, consoantes, fonemas e palavras. Em seguida, exploro as diferentes possibilidades de sons corporais, com exercícios de pulso e divisão do tempo.

Com esses dados, os alunos são estimulados a improvisar, compor (organizar) e criar grafias para suas estruturas. Os elementos de leitura e escrita musicais convencionais são passados nas práticas de acordo com as necessidades ou a solicitação dos alunos.

Aos exercícios com massas vocais, acrescento práticas de afinação, em que todos podem cantar um mesmo som, escutando os colegas. Trabalho então cantigas do repertório dos alunos, estimulando-os a compor textos e melodias. Com práticas de cânones logo se pratica a afinação de sons sobrepostos.

Tendo consciência do corpo como produtor de som, os alunos são levados a buscar fontes sonoras extracorpo nos objetos do cotidiano e nos elementos da natureza, tais como paus e pedras, observando timbres, e a incorporá-los nas improvisações e composições. Mais tarde, são incentivados a construir instrumentos de sopro, corda e percussão. Todos esses elementos vão se agregando ao universo rítmico-sonoro com os quais os alunos improvisam, organizam e se expressam.

Em algum momento, percebendo o grupo naturalmente concentrado, faço com que os alunos, sem nenhum comentário prévio, ouçam uma música que não compõe o repertório cotidiano. Depois do momento de fruição, encorajo-os a comentar o que foi ouvido. Essa prática continua em toda a oficina. Os dados das peças ouvidas, caso solicitados, são debatidos após a audição.

Esses são, muito resumidamente, os passos que pratico nas oficinas de música. Não há aqui a preocupação em “ensinar música”, mas sim de levar os alunos a praticar e a perceber os elementos de construção musical, desenvolvendo as possibilidades expressivas desses elementos.

Essas práticas levam-me a alguns aprendizados:

- é fundamental praticar e perceber antes de teorizar ou conceituar;
- isso é impraticável em um sistema de ensino afilto em passar conteúdos aos alunos;
- silêncio e atenção acontecem com o interesse, deve-se educar para a autodisciplina, nunca por meio da disciplina imposta ou da agressão do “cale a boca”.

Há uma preocupação entre os professores em ensinar música, o que e por que ensinar música nas escolas, e a querer um conteúdo independente. Não tenho dúvida de que o necessário, o primordial, é a prática musical como elemento de desenvolvimento da percepção, fator essencial na formação do indivíduo. Esse princípio remete ao pensamento de Paulo Freire, que prega a educação pelo diálogo, experiência e respeito aos saberes dos alunos.

Paulo Freire, em *Pedagogia dos sonhos possíveis*, afirma:

A educação é simultaneamente uma certa teoria do conhecimento posta em prática, um ato político e um ato estético. Essas três dimensões estão sempre juntas, momentos simultâneos de teoria e prática, de arte e política. O ato de conhecer, ao mesmo tempo que cria e recria objetos, forma os estudantes que estão conhecendo” (Freire, 2014, p.73).

Na definição citada, Freire (2014, p. 73) coloca o ato de educar e a quem educar. Primeiro, há sempre algo a ensinar/transmitir “uma certa teoria do conhecimento”. Em seguida, há um “ato político e um ato estético”. É um ato político porque prepara os indivíduos para a vida em sociedade, a *polis*, uma vez que a sociedade é uma coletividade de indivíduos, cada um com sua alma, sua percepção, sua capacidade de decisão; e um ato estético porque cada indivíduo é um “ser incompleto”, passivo de ser desenvolvido, educado.

Abraham Moles, por sua vez, em *Teoria da informação e percepção estética*, afirma: “Estética, no sentido amplo, é o estudo da maneira de sentir o mundo circundante, da posição do indivíduo nesse meio circundante” (Moles, 1978, p. 267). É o que se chama de percepção. Arte, estética e percepção são conceitos que estão sempre juntos: o indivíduo recebe sensações da natureza, observa e age sobre essa natureza, (ars = arte = ação), formando suas percepções. Isso é estética. Podemos falar, então, de educação estética ou de educação da percepção artística.

Na atualidade, é dado que a percepção precede a razão no processo do conhecimento humano. É na percepção que se forma o campo de significação, o repertório de signos, com os quais o indivíduo raciocina e conceitua. Por meio dos órgãos dos sentidos, o indivíduo recebe sensações do exterior e, gradativamente, forma suas próprias relações, seu mundo, seu campo de significações. Alguns estudiosos corroboram esse entendimento.

Segundo Freire (2003, p. 11): “A leitura do mundo precede a leitura da palavra, daí que a posterior leitura desta não possa prescindir da continuidade da leitura daquela”. O indivíduo recebe sensações, observa, age e experiencia a natureza, formando suas percepções e construindo o seu mundo significante.

John Locke (1632-1704), discordando do inatismo defendido por Santo Agostinho, Santo Anselmo e Descartes, afirma que todo conhecimento advém da experiência. No *Ensaio acerca do entendimento humano*, encontramos:

Nem os princípios nem as ideias são inatas [...] A capacidade é inata, mas o conhecimento adquirido [...] Ideia é o objeto do pensamento. Todas as ideias derivam da sensação ou reflexão, advindas da experiência [...] E não pode estar no entendimento antes de ter sido percebido [...] A percepção é a primeira operação de todas as nossas faculdades intelectuais e a entrada de todo conhecimento em nossas mentes (Lock, 2000, p. 38-40).

Também para David Hume (1711-1776), “Todas as matérias do pensamento derivam de nossas sensações externas e internas, mas a mistura e composição deles dependem do espírito e da vontade” (Hume, 2000).

Nessa mesma linha de pensamento, Immanuel Kant (1724-1808), na *Crítica da razão pura*, afirma: “Nenhum conhecimento em nós precede a experiência, e todo ele começa com ela” (Kant, 2000, p. 53). E segue: “Há um tal conhecimento independente

da experiência e mesmo de todas as impressões dos sentidos. Tais conhecimentos denominam-se ‘a priori’, distinguem-se dos ‘empíricos’, que possuem suas fontes ‘a posteriori’, ou seja, na experiência” (Kant, 2000, p. 53, grifos do autor), concluindo que:

De muito conhecimento derivado de fontes da experiência costuma-se dizer que somos capazes ou participantes dele “a priori” porque o derivamos não imediatamente da experiência, mas de uma regra geral que, não obstante, tomamos emprestado da experiência (Kant, 2000, p. 54, grifo do autor).

Maurice Merleau-Ponty (1908-1961), baseando-se principalmente nos escritos sobre a fenomenologia de Edmund Husserl (1859-1938), aprofunda-se ainda mais nas ideias sobre percepção. Em sua obra *Fenomenologia da percepção*, define a fenomenologia como “o estudo das essências [...] a essência da percepção, a essência da consciência” (Merleau-Ponty, 1994, p. 3), e segue:

Tudo aquilo que sei do mundo, mesmo por ciência, eu o sei a partir de uma visão minha ou de uma experiência do mundo sem a qual os símbolos da ciência não poderiam dizer nada [...]. O mundo está ali antes de qualquer análise que eu possa fazer dele [...]. A percepção é um juízo (Merleau-Ponty, 1994, p. 3).

Reconhecendo, então, que a percepção não é inata, mas, antes, um movimento das experiências, das sensações, tem-se que ela pode se desenvolver ou se atrofiar, e que é parte integrante do processo de educação, de formação do indivíduo. A percepção é um movimento individual, dependente da atenção, da vontade, da observação e da memória.

Não se ensina a perceber; estimula-se a perceber. A estimulação da percepção pode se dar por meio da prática de arte, e esta é a justificativa, apesar de nem sempre reconhecida, das artes nos currículos escolares.

O homem recebe sensações da natureza, observa e transforma elementos naturais em objetos: arte. Ele cria artefatos que auxiliam sua defesa, que suprem suas necessidades, que facilitam o seu cotidiano: abrigo, armazenamento, locomoção. Vivendo em sociedade, o homem tem necessidade de se comunicar e criar objetos comunicantes. As chamadas “belas-artes”, muitas vezes ditas inúteis, são artes de comunicação: música, pintura, escultura, literatura, teatro. São artes que comunicam de percepção a percepção.

A própria civilização, um grande repertório de artes, é obra, criação do homem. A arte “consiste em objetos criados pela sensibilidade cultivada nas circunstâncias da prática social, que diretamente se oferecem à sensibilidade cultivada, proporcionando uma comunicabilidade direta” (Cochofel, 1964, p. 96).

Comunicar é tornar comum uma mensagem. Essa mensagem contém informações – que são as novidades, as imprevisibilidades – diferentes da significação daquela mensagem. Uma mensagem contém informações semânticas, que buscam o significado, e informações estéticas, que preparam estados (Moles, 1978). Conforme Moles (1978, p. 24), “Mensagem é um grupo finito e ordenado de elementos de percepção tirados de um repertório e reunidos numa estrutura”.

Concebendo-se a educação como um processo dialógico, e sendo a percepção parte integrante desse processo, deve-se instigar o aluno a dialogar com, a perceber

e a manipular os elementos da natureza e de seu ambiente, tendo como pressuposto o que afirma Lock (2000, p. 57): “Todas as ideias derivam da sensação ou reflexão advindas da experiência”.

Criação, interpretação e fruição são etapas interdependentes nos processos de arte e de entendimento humano, devendo ser usadas como estratégias de educação. O educando traz experiências que devem ser respeitadas e aproveitadas, bem diz Paulo Freire. Ele não sabe ler e escrever, mas sabe falar. Deve ser instigado a contar casos; mais tarde, a criar e a escrever suas próprias histórias. Se ele fala, pode ser levado a reconhecer e a usar outros sons vocais/corporais e a criar formas rítmico-sonoras. Se ele vê, deve ser estimulado não só a contar o que viu, mas a desenhar, a pintar sua visão. Amassar e dar forma ao barro. Tatear, cheirar, degustar, opinar.

Nesse processo, há um momento em que, de forma estrategicamente preparada, começam a ser oferecidas obras para a fruição dos alunos, estimulando a percepção. Essas obras não devem ser escolhidas de um repertório cotidiano e nem precedidas de preleções sobre a obra e o autor, a fim de evitar induzir a fruição, devem ser apenas apresentadas. Depois do momento de fruição, é importante instigar os alunos a comentarem o que viram ou ouviram e, se conveniente, oferecer informações sobre a obra. O essencial é ter uma estratégia de atenção, permitindo que cada um tenha sua experiência e se sinta à vontade para comentá-la.

O professor, o pedagogo, e não somente o professor de arte, precisa ter conhecimento sobre os materiais de arte – som, silêncio, ritmo, cor, luz, textura, tempo e espaço – e consciência das possibilidades expressivas por meio deles. Além disso, deve incentivar os alunos quanto aos processos de criação e expressão com os materiais: escolha, decisão e organização, desenvolvendo capacidades de atenção, memória, arbítrio e crítica. Importante, ainda, saber das obras sonoras ou visuais a serem oferecidas à fruição dos alunos. A percepção necessita do novo.

No mundo atual, tão construído, os indivíduos/educandos encontram coisas e fatos prontos e, de maneira geral, os aceitam passivamente. Aliada a esse universo de coisas e fatos prontos, a indústria aproveita-se dos gostos da sociedade e dos fatos culturais, transformando-os em produtos vendáveis à custa de intensa e eficiente propaganda. A chamada indústria cultural produz artefatos baratos, de fácil assimilação, que logo se esgotam e devem ser substituídos. As músicas das “paradas de sucesso”, por exemplo, vendem milhares de discos; todo mundo canta e dança, e logo são descartadas e substituídas por outras a serem consumidas.

Os produtos da indústria cultural são construídos baseados em padrões repetitivos, o que facilita a sua assimilação. Padrões repetitivos servem de base para se inculcar ideologias. Tais repetições contínuas criam nos indivíduos a chamada inércia psicológica. O indivíduo psicologicamente inerte não exercita sua liberdade de escolha, sua vontade. Deixa-se ser dirigido sem questionar.

Essa dominação dos meios de comunicação pela indústria cultural começou no século XX com o desenvolvimento dos meios mecânicos e se intensificou com as mídias digitais, de tal modo que, hoje, no século XXI, vivemos uma sociedade orgiaca. O que se busca e o que é oferecido é a diversão contínua e os escapismos. Vejo as pessoas o tempo todo com fones de ouvido ligados, isoladas do mundo e escutando os mesmos padrões musicais; pessoas usando redes sociais sem nenhuma reflexão; pessoas assistindo, na televisão ou no cinema, aos mesmos padrões previsíveis e repetindo os comportamentos modistas ditados pelos “ídolos”, os quais são também fabricados.

Portanto, nas práticas escolares, pretendendo-se o desenvolvimento da percepção, é necessário evitar tais padrões, oferecendo alternativas que despertem as

percepções. É preciso buscar obras de arte que contenham informações estéticas e incentivem os jogos das percepções, obras que levem cada indivíduo-fruidor a decidir, a escolher e a se relacionar. A obra de arte deve instigar a imaginação do fruidor. Cada indivíduo, ao se relacionar com a obra, torna-se um intérprete de si mesmo. Assim, a obra de arte deve conter níveis de abertura que oferecem oportunidades de escolhas interpretativas por sua dubiedade inerente. Conforme afirma Eco (1969, p. 144): “A busca de uma abertura de segundo grau, da ambiguidade e da informação como valor primeiro da obra representam a recusa da inércia psicológica como contemplação da ordem reencontrada”.

Concluindo, a percepção, parte integrante e fundamental do processo de conhecimento humano, pode ser aprimorada pela prática da arte. Perceber os elementos naturais, perceber em si mesmo e no outro a potencialidade criativa, construir e se expressar com esses elementos, desenvolver a capacidade de silenciar para escutar, julgar e responder, são ações profundamente necessárias no processo de educação em um mundo nosso, construído e mecanizado, onde o indivíduo precisa adquirir consciência de si mesmo e de suas potencialidades. Desenvolver a percepção, por meio do trinômio criatividade, interpretação e fruição, é o objetivo da Oficina Básica de Música no ensino regular. Como toda prática, deve preceder aos ensinamentos técnicos e conceituais.

Referências

CAMPOS, D. A. *Oficina de música: uma caracterização de sua metodologia*. Goiânia: Cegraf, 1988.

COCHFEL, J. J. *Iniciação estética*. Lisboa: Publicação Europa-América, 1964.

ECO, U. *Obra aberta*. São Paulo: Perspectiva, 1969.

FREIRE, P. *A importância do ato de ler*. São Paulo: Cortez, 2003.

FREIRE, P. *Pedagogia dos sonhos possíveis*. São Paulo: Paz e Terra, 2014.

HUME, D. *Investigação acerca do entendimento humano*. Tradução de Anoar Aiex. São Paulo: Nova Cultura, 2000.

KANT, I. *Crítica da razão pura*. Tradução de Valério Rohden e Udo B. Moosburger. São Paulo: Nova Cultura, 2000.

LOCK, J. *Ensaio acerca do entendimento humano*. Tradução de Anoar Aiex. São Paulo: Nova Cultura, 2000.

MERLEAU-PONTY, M. *Fenomenologia da percepção*. Tradução de Carlos Alberto R. de Moura. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

MOLES, A. *Teoria da informação e percepção estética*. Tradução de Helena P. Cunha. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1978.



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Goiás

-tecnia

revista de educação, ciência e tecnologia do IFG



FAPEG

Fundação de Amparo à Pesquisa
do Estado de Goiás



editora ifg

editora@ifg.edu.br
editora.ifg.edu.br