

Jader Silveira (org.)

TECNOCIÊNCIA



Ciência, Tecnologia e Inovação

v. 1
2025

Jader Silveira (org.)

TECNOCIÊNCIA



Ciência, Tecnologia e Inovação

v. 1
2025

2025 – Editora Uniesmero

www.uniesmero.com.br

uniesmero@gmail.com

Organizador

Jader Luís da Silveira

Editor Chefe: Jader Luís da Silveira

Editoração e Arte: Resiane Paula da Silveira

Imagens, Arte e Capa: Freepik/Uniesmero

Revisão: Respective autores dos artigos

Conselho Editorial

Ma. Tatiany Michelle Gonçalves da Silva, Secretaria de Estado do Distrito Federal, SEE-DF

Me. Elaine Freitas Fernandes, Universidade Estácio de Sá, UNESA

Me. Laurinaldo Félix Nascimento, Universidade Estácio de Sá, UNESA

Ma. Jaciara Pinheiro de Souza, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Dra. Náyra de Oliveira Frederico Pinto, Universidade Federal do Ceará, UFC

Ma. Emile Ivana Fernandes Santos Costa, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Me. Rudvan Cicotti Alves de Jesus, Universidade Federal de Sergipe, UFS

Me. Heder Junior dos Santos, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP

Ma. Dayane Cristina Guarnieri, Universidade Estadual de Londrina, UEL

Me. Dirceu Manoel de Almeida Junior, Universidade de Brasília, UnB

Ma. Cinara Rejane Viana Oliveira, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Esp. Jader Luís da Silveira, Grupo MultiAtual Educacional

Esp. Resiane Paula da Silveira, Secretaria Municipal de Educação de Formiga, SMEF

Sr. Victor Matheus Marinho Dutra, Universidade do Estado do Pará, UEPA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S587c Tecnociência: Ciência, Tecnologia e Inovação - Volume 1
/ Jader Luís da Silveira (organizador). – Formiga (MG): Editora Uniesmero, 2025. 122 p. : il.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5492-147-3
DOI: 10.5281/zenodo.17902275

1. Ciência e Tecnologia. 2. Inovações e Avanços. 3. Inovação Tecnológica. I. Silveira, Jader Luís da. II. Título.

CDD: 607
CDU: 001

Os artigos, seus conteúdos, textos e contextos que participam da presente obra apresentam responsabilidade de seus autores.

Downloads podem ser feitos com créditos aos autores. São proibidas as modificações e os fins comerciais.

Proibido plágio e todas as formas de cópias.

Editora Uniesmero
CNPJ: 35.335.163/0001-00
Telefone: +55 (37) 99855-6001
www.uniesmero.com.br
uniesmero@gmail.com
Formiga - MG
Catálogo Geral: <https://editoras.grupomultiatual.com.br/>

Acesse a obra originalmente publicada em:
<https://www.uniesmero.com.br/2025/12/tecnociencia-ciencia-tecnologia-e.html>



***Tecnociência:
Ciência, Tecnologia e Inovação***

Volume 1

AUTORES

Agnaldo Ramos da Rocha
André Pereira
Antônio Norberto Souto
Caio César Martins Barbosa
Caio José Alves
Camila de Sousa Moura Almeida
Daniele Correia de Oliveira
Diogo Schröpfer
Ezequiel Pereira de Souza
Helena C. Rampini
Hitalllo S. Figueira
João Lopes Viana
Joel Santana Barros de Lima Cipriano
Kauê Gabriel Souza de Paula
Kelson Silva de Almeida
Marcus Vinicius dos Reis Venditti
Natã Conceição Costa
Nilson Disposto Souza
Nilton Carlos do Nascimento
Patrícia Loriane Falk
Raul Cruz Oliveira
Raul dos Santos Neto
Suelen Correia de Oliveira
Thamirys de Souza Zillig
Thiago Cosin
Thiago da Costa Rocha
Valdete de Souza Silva
Wesley L. Santos

APRESENTAÇÃO

Há livros que se erguem como pontes entre mundos aparentemente díspares; outros, como lanternas que iluminam zonas cinzentas do conhecimento humano, tornando visível o que antes se ocultava nas dobras do óbvio. *Tecnociência: Ciência, Tecnologia e Inovação* pertence a ambas as categorias. Este livro convida o leitor a atravessar territórios complexos — epistemológicos, éticos, econômicos e sociais — sem jamais abdicar da clareza intelectual, da precisão conceitual e do rigor analítico que caracterizam as grandes obras dedicadas ao entendimento da era contemporânea.

Vivemos um tempo em que ciência e tecnologia deixaram de ser meros instrumentos para se tornarem protagonistas do imaginário coletivo, forças estruturantes do tecido social e vetores decisivos na configuração das relações de poder. A tecnociência, termo que aqui assume centralidade, não é apenas a soma ou coexistência de ciência e tecnologia, mas a fusão dinâmica que transforma ambas em um único processo histórico, cultural e político. É o entrelaçamento indissolúvel entre o saber e o fazer, entre a teoria que investiga e a técnica que realiza, entre a explicação do mundo e a intervenção sobre ele.

No entanto, esse fenômeno — simultaneamente fascinante e inquietante — exige mais do que entusiasmo. Exige discernimento crítico, consciência histórica e, sobretudo, disposição para interrogar as promessas e os riscos que acompanham cada avanço técnico-científico. Em meio às utopias digitais, às revoluções industriais sucessivas, à inteligência artificial em expansão, aos dilemas da biotecnologia, à disputa global por inovação e aos desafios planetários que demandam soluções urgentes, emerge uma pergunta fundamental: **estamos guiando a tecnociência ou sendo guiados por ela?**

O presente livro reivindica, com rara competência, o direito e a necessidade de formular essa pergunta — e muitas outras que dela decorrem. Cada capítulo se transforma em um convite à reflexão madura, à análise fundamentada e ao reconhecimento de que o conhecimento científico e tecnológico não se desenvolve em um vácuo neutro. Ao contrário: é moldado por interesses, contingências históricas, limitações econômicas, disputas geopolíticas e valores culturais que influenciam o rumo e o impacto de suas descobertas.

A obra, entretanto, não se limita a problematizar. Ela ilumina caminhos. Oferece ao leitor um panorama abrangente das interações entre ciência, tecnologia e inovação, destacando não apenas os aspectos conceituais e históricos, mas também as implicações práticas — sociais, ambientais, éticas e políticas — dessa relação intrincada. O autor conduz o leitor por uma jornada intelectual que alia erudição a lucidez didática, permitindo que estudantes, pesquisadores, profissionais e curiosos encontrem, neste texto, tanto uma introdução robusta quanto uma análise refinada dos fenômenos tecnocientíficos contemporâneos.

O livro também revela uma preocupação rara: resgatar a responsabilidade humana diante da enormidade das ferramentas que criamos. Ao discutir inovação, ele não a reduz ao fetichismo mercadológico que frequentemente domina o discurso público; ao contrário, mostra-a como processo social, coletivo, permeado por escolhas morais e por consequências que ultrapassam o domínio das engenharias e laboratórios. Ao abordar tecnologia, desvencilha-a do determinismo ingênuo e lhe devolve a dimensão política que ela inevitavelmente carrega. E ao tratar de ciência, recupera seu brilho crítico, seu compromisso com a verdade possível e sua inserção concreta nas estruturas da sociedade.

Assim, este livro reafirma algo fundamental: compreender tecnociência é, hoje, compreender a nossa própria condição. É reconhecer que nossas esperanças e temores, nossas crises e descobertas, nossas ambições e vulnerabilidades estão, de algum modo, entretecidas na espiral contínua que une conhecimento, criação e transformação.

Que o leitor se permita, portanto, imergir nas páginas que seguem com espírito investigativo e sensibilidade filosófica. Encontrará aqui uma obra que provoca, questiona, expande horizontes e devolve à reflexão sobre a tecnociência o lugar de seriedade, profundidade e humanidade que ela merece.

Este livro não pretende oferecer respostas definitivas — e essa talvez seja uma de suas maiores virtudes. Ele nos convida, antes, a habitar as perguntas e a pensar o mundo de forma mais consciente, crítica e responsável. E, nesse processo, cumpre com excelência a missão de iluminar, com rigor e elegância, um dos temas mais decisivos para o presente e para o futuro da humanidade.

SUMÁRIO

Capítulo 1 DO CONHECIMENTO AO COMPROMETIMENTO: TRIBUTOS, MATEMÁTICA E IMPACTO SOCIAL NA ESCOLA <i>Diogo Schröpfer; Patrícia Loriane Falk</i>	10
Capítulo 2 REPRESENTAÇÃO DE NÚMEROS COMPLEXOS E O GEOGEBRA <i>Diogo Schröpfer; Patrícia Loriane Falk</i>	23
Capítulo 3 METODOLOGIAS ATIVAS NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA: UMA ESTRATÉGIA ESTRUTURANTE PARA O DESENVOLVIMENTO DAS COMPETÊNCIAS DO SÉCULO XXI <i>Kelson Silva de Almeida; Camila de Sousa Moura Almeida</i>	34
Capítulo 4 MEIOS SUSTENTÁVEIS DE PRODUÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS NO BRASIL: O USO DE LODO DE ETE <i>Joel Santana Barros de Lima Cipriano; Nilton Carlos do Nascimento; Caio José Alves; Thamirys de Souza Zillig; Nilson Disposto Souza; Marcus Vinicius dos Reis Venditti</i>	50
Capítulo 5 A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA CONFIABILIDADE OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO (ETAS/ETES) <i>Caio César Martins Barbosa; João Lopes Viana; Natã Conceição Costa; Thiago da Costa Rocha; Marcus Vinicius dos Reis Venditti</i>	65
Capítulo 6 O USO DO YOUTUBE NO ENSINO: COMO ESCOLHER OS MELHORES CANAIS PARA APRENDER FÍSICA? <i>Raul dos Santos Neto; André Pereira; Helena C. Rampini; Hitalllo S. Figueira; Wesley L. Santos</i>	79
Capítulo 7 AValiação da Gaseificação de Resíduos Agroindustriais como Alternativa Sustentável para Produção de Gás de Síntese e Energia no Contexto Brasileiro <i>Agnaldo Ramos da Rocha; Antônio Norberto Souto; Kauê Gabriel Souza de Paula; Raul Cruz Oliveira; Marcus Vinicius dos Reis Venditti</i>	95
Capítulo 8 DA TEORIA AO TRAÇO: ROBÓTICA EDUCACIONAL E APRENDIZAGEM CRIATIVA NOS ANOS INICIAIS <i>Thiago Cosin</i>	106
Capítulo 9 Resumo simples: O PAPEL DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA GESTÃO EDUCACIONAL - BENEFÍCIOS PARA O COORDENADOR PEDAGÓGICO <i>Valdete de Souza Silva; Daniele Correia de Oliveira; Ezequiel Pereira de Souza; Suelen Correia de Oliveira</i>	114
AUTORES	118

Capítulo 1
**DO CONHECIMENTO AO COMPROMETIMENTO: TRIBUTOS,
MATEMÁTICA E IMPACTO SOCIAL NA ESCOLA**

Diogo Schröpfer
Patrícia Loriane Falk

DO CONHECIMENTO AO COMPROMETIMENTO: TRIBUTOS, MATEMÁTICA E IMPACTO SOCIAL NA ESCOLA

Diogo Schröpfer

Licenciado em Matemática, diogo.2020001591@aluno.iffar.edu.br

Patrícia Loriane Falk

Licenciada em Matemática, patricia.2020002623@aluno.iffar.edu.br

RESUMO

O projeto Cidadania e Tributos: Construindo Conhecimento para Transformar a Comunidade busca promover a conscientização dos alunos do 6º ano sobre a importância dos tributos e sua relação direta com o exercício da cidadania. A iniciativa parte da constatação de que, muitas vezes, a sociedade valoriza apenas direitos, esquecendo-se dos deveres, entre eles a colaboração com o Estado por meio do pagamento de impostos. A metodologia segue os princípios do PUFV, envolvendo leitura e reflexão de textos, debates sobre direitos e deveres, mapas mentais e produções escritas em formato de cartas. Também foram desenvolvidas atividades como palestra com o Secretário Municipal da Fazenda, análise de notas fiscais, visitas de campo a espaços públicos e comerciais e o engajamento das famílias no Programa Nota Fiscal Gaúcha. A articulação com as disciplinas de Comunicação e Linguagem e Arte e Cultura fortalece o caráter interdisciplinar da proposta. Entre os resultados esperados, destacam-se a elaboração e distribuição de panfletos de conscientização sobre educação fiscal e Nota Fiscal Gaúcha, bem como a produção de porta-notas para cada aluno levar para casa. Os alunos também pirografaram o logotipo do Projeto em um porta-celular, o qual será oferecido como lembrança às autoridades, tendo ainda confeccionado exemplares para levarem consigo para casa. Essas ações visam ampliar o impacto do projeto, estimulando práticas cidadãs e consolidando o protagonismo estudantil.

Palavras-chave: Tributos. Educação Fiscal. Comunidade.

ABSTRACT

The Citizenship and Taxes: Building Knowledge to Transform the Community project seeks to raise awareness among sixth-grade students about the importance of taxes and their direct relationship to citizenship.

The initiative stems from the observation that society often values only rights, neglecting responsibilities, including cooperation with the government through tax payments. The methodology follows the principles of the PUFV (National Student Support Program), involving reading and reflecting on texts, discussions on rights and responsibilities, mind maps, and written work in letter format. Activities also included a lecture with the Municipal Finance Secretary, analysis of tax receipts, field visits to public and commercial spaces, and family engagement in the Nota Fiscal Gaúcha Program. The articulation with the Communication and Language and Art and Culture disciplines strengthens the interdisciplinary nature of the project. Expected outcomes include the creation and distribution of awareness-raising pamphlets on tax education and Nota Fiscal Gaúcha, as well as the production of receipt holders for each student to take home. The students also pyrographed the Project's logo onto a cell phone case, which will be given as a souvenir to the authorities, and they also made copies to take home. These actions aim to expand the project's impact, encouraging civic practices and strengthening student empowerment.

Keywords: Taxes. Tax Education. Community.

INTRODUÇÃO

Como visto em Skovsmose (2007), ensinar para a cidadania é algo mais que urgente no presente século. Vivemos um momento em que, frequentemente, o discurso social se resume em ter direitos, esquecendo-se dos deveres, em todas as classes sociais. Nesse cenário, torna-se essencial a construção de uma sociedade crítica e consciente, capaz de compreender os limites e responsabilidades que acompanham a vida em comunidade.

O presente projeto buscou desenvolver, junto aos alunos do 6º ano do Ensino Fundamental de uma escola municipal, reflexões sobre a cidadania e a função social dos tributos, entendidos não apenas como obrigações legais, mas como atos de solidariedade coletiva. Conforme Buffon (2007), serviços como saúde, educação, segurança, habitação, lazer e cultura não devem ser privilégio de poucos, mas direito de todos. Assim, o pagamento dos impostos torna-se uma forma de viabilizar dignidade humana por meio da ação do Estado.

De acordo com Santiago (2010), alcançar uma cidadania plena exige que o sujeito, além de sentir-se livre e igual, compreenda seus direitos e deveres, incluindo o valor social dos tributos como instrumento de consolidação do Estado democrático de direito. No

entanto, como lembra Barbosa (2005), no Brasil grande parte da carga tributária recai sobre impostos indiretos embutidos em bens essenciais, realidade pouco conhecida pela população.

Como visto em Skovsmose (2007), ensinar para a cidadania é algo mais que urgente no presente século. Vivemos um momento em que, frequentemente, o discurso social se resume em ter direitos, esquecendo-se dos deveres, em todas as classes sociais. Nesse cenário, torna-se essencial a construção de uma sociedade crítica e consciente, capaz de compreender os limites e responsabilidades que acompanham a vida em comunidade.

O presente projeto busca desenvolver, junto aos alunos do 6º ano do Ensino Fundamental, reflexões sobre a cidadania e a função social dos tributos, entendidos não apenas como obrigações legais, mas como atos de solidariedade coletiva. Conforme Buffon (2007), serviços como saúde, educação, segurança, habitação, lazer e cultura não devem ser privilégio de poucos, mas direito de todos. Assim, o pagamento dos impostos torna-se uma forma de viabilizar dignidade humana por meio da ação do Estado.

Além disso, a escola configura-se como espaço privilegiado para fomentar discussões sobre temas sociais relevantes, aproximando o estudante da realidade que o cerca. O ensino, nesse sentido, não deve restringir-se à transmissão de conteúdos formais, mas precisa oportunizar experiências que desenvolvam a consciência crítica. Ao tratar da função social dos tributos, o professor contribui para que os alunos compreendam a interdependência existente entre indivíduos e sociedade, percebendo que o exercício da cidadania envolve corresponsabilidade na construção do bem comum.

A proposta do projeto também dialoga com a perspectiva da Educação Matemática Crítica (Skovsmose, 2007), na medida em que busca articular conceitos matemáticos com situações do cotidiano. Trabalhar a temática dos tributos possibilita, por exemplo, analisar percentuais, cálculos de preços e a incidência de impostos, inserindo a matemática em um contexto socialmente significativo. Assim, os estudantes não apenas desenvolvem competências matemáticas, mas também ampliam sua capacidade de interpretar e posicionar-se frente a questões de ordem econômica e social.

Dessa forma, a abordagem aqui apresentada vai além do estudo teórico, constituindo-se em uma prática pedagógica voltada para a formação cidadã. Ao compreenderem o papel dos tributos e sua relação com os serviços públicos, os alunos são estimulados a refletir sobre justiça social, equidade e responsabilidade coletiva. O

projeto, portanto, insere-se no esforço de promover uma educação que articule conhecimento acadêmico, criticidade e compromisso social, preparando os estudantes para atuarem de maneira consciente na sociedade democrática.

REFERENCIAL TEÓRICO

O Programa Nacional de Educação Fiscal (PNEF) tem como finalidade principal difundir e consolidar práticas educativas voltadas ao fortalecimento da cidadania, estimulando a construção de uma relação participativa e consciente entre o Estado e a população. Seu propósito é o de “[...] promover e institucionalizar a Educação Fiscal para o efetivo exercício da cidadania, visando ao constante aprimoramento da relação participativa e consciente entre o Estado e o cidadão e da defesa permanente das garantias constitucionais” (BRASIL, 2009, p. 3).

A implementação do PNEF por meio de projetos pedagógicos pode favorecer a ampliação do conhecimento dos estudantes sobre o papel social e econômico dos tributos, o uso adequado dos recursos públicos e os princípios éticos que devem orientar a administração pública. Além disso, propicia discussões sobre temas fundamentais, como eleições, fiscalização, corrupção, patrimônio público, pirataria e portais da transparência. Segundo Caminha (2017), essas abordagens contribuem para que os alunos desenvolvam um olhar investigativo e crítico, tornando-se agentes ativos em uma sociedade que busca consolidar sua democracia.

De acordo com Hernández e Ventura (1998), o trabalho com projetos aproxima a escola do aluno e se fundamenta na pesquisa de situações reais e significativas, tornando o processo de ensino e aprendizagem mais efetivo, pois estimula a participação e o protagonismo estudantil. Nessa perspectiva, Brandão (2001) considera a escola como um espaço de interação entre diferentes formas de saber, em que o conhecimento é construído coletivamente por meio da colaboração entre todos os envolvidos.

Essas concepções dialogam com a teoria de Freire (2005), que defende a conscientização como princípio essencial de uma educação transformadora e libertadora. Para o autor, a cidadania está intrinsecamente ligada aos direitos sociais assegurados pela Constituição, embora tais direitos ainda não sejam plenamente acessíveis a todos. Assim, refletir e desenvolver projetos voltados à Educação Fiscal representa um caminho para

fortalecer a consciência crítica e promover uma sociedade mais justa, participativa e igualitária.

O século XXI, marcado por intensas transformações sociais, políticas e econômicas, impõe à escola o desafio de repensar suas práticas pedagógicas e de buscar caminhos que promovam a articulação e a mediação do conhecimento, formando cidadãos críticos e participativos. Nesse cenário, cabe às instituições de ensino e aos educadores reinventarem constantemente suas metodologias, explorando estratégias e recursos que tornem o aprendizado significativo e atraente para os estudantes da era digital. O papel do professor, portanto, desloca-se de mero transmissor de conteúdos para o de mediador do processo de aprendizagem, estimulando o aluno a construir e atribuir sentido ao conhecimento.

Embora a informação seja amplamente disponível, como já ocorria no século anterior, o que a distingue atualmente é a velocidade com que circula e a facilidade de acesso proporcionada pelas tecnologias. A complexidade do mundo contemporâneo exige que o docente transforme esse fluxo de informações em conhecimento estruturado e utilize as múltiplas mídias como ferramentas pedagógicas. Nessa perspectiva, o grande desafio é formar sujeitos capazes de pensar criticamente, criar e posicionar-se diante dos problemas da realidade.

A Educação Fiscal, inserida no campo da Educação Formal e respaldada pela Resolução CNE nº 007/2010, integra-se a esse contexto ao atender aos desafios do tempo presente, como a busca pela dignidade humana, a igualdade de direitos, a rejeição a qualquer forma de discriminação, a valorização da solidariedade e o exercício da cidadania em suas diversas dimensões sociopolíticas e culturais (BRASIL, 2015).

Conforme Westbrook, Dewey, Teixeira, Romão e Rodrigues (2010), inspirados nas concepções de Dewey, o propósito das escolas deve ser o de promover a formação integral da criança, contemplando seus aspectos físicos, emocionais e intelectuais. Para o autor, não deve existir separação entre vida e educação, pois “... as crianças não estão, num dado momento, sendo preparadas para a vida e, em outro, vivendo” (DEWEY, 1979, p. 10). Nessa linha, torna-se fundamental o desenvolvimento de projetos escolares que priorizem a formação cidadã e integral, entendendo o ato de projetar como um exercício de reflexão sobre o presente e de construção de possibilidades futuras (FREIRE e PRADO, 1999).

O termo “projeto” tem origem no latim *Projectus*, que significa algo lançado para adiante. Segundo Almeida (2002), projetar faz parte da natureza humana, pois envolve a capacidade de idealizar e concretizar algo desejado, sendo, portanto, inseparável da ação e da intencionalidade.

Quando a prática docente se apoia na pedagogia de projetos, o processo de ensino-aprendizagem passa a valorizar a investigação, o questionamento e a construção colaborativa do conhecimento. Nesse contexto, os estudantes aprendem ao formular dúvidas, pesquisar e estabelecer conexões que promovem descobertas e compreensões mais profundas. O papel do “[...] professor deixa de ser a do que transmite informações, tornando-se o sujeito que cria situações de aprendizagem, cujo foco incide sobre as relações estabelecidas no processo, cabendo-lhe realizar as mediações necessárias para que o estudante encontre sentido naquilo que está aprendendo” (PRADO, 2001, p. 2). Nessa perspectiva, Valente (2000, p. 4) complementa que

“no desenvolvimento do projeto o professor pode trabalhar com [os alunos] diferentes tipos de conhecimentos que estão imbricados e representados em termos de três construções: procedimentos e estratégias de resolução de problemas, conceitos disciplinares e estratégias e conceitos sobre aprender.”

Essa abordagem reconhece que o aprendizado não se restringe ao ambiente escolar e que o conhecimento deve dialogar com a realidade social dos alunos. A escola, portanto, precisa incentivar o enfrentamento de problemas reais e promover o diálogo e a cooperação na busca de soluções. Educar para a autonomia significa acreditar na capacidade do sujeito de transformar sua realidade por meio da educação e do trabalho, contribuindo para a construção de uma nova ética e de um novo modo de ser. Nesse sentido, Gadotti (1997) afirma que

“educar significa formar para a autonomia, isto é, para se autogovernar. Um processo educacional somente será verdadeiramente autônomo e libertador se for capaz de preparar cidadãos críticos, dotados das condições que lhes permitam entender os contextos históricos, sociais e econômicos em que estão inseridos. Nosso tempo requer a formação desse novo cidadão consciente, sensível e responsável, que pense global e haja localmente, sendo capaz de intervir e modificar a realidade social excludente a partir de sua comunidade, tornando-se assim, sujeito da sua própria história” (GADOTTI, 1999, p. 9).

Na sequência, descrevemos a metodologia que orientou o desenvolvimento do projeto, detalhando suas etapas, fundamentos teóricos e estratégias pedagógicas, seguida das discussões que emergiram a partir da execução das atividades.

METODOLOGIA

A metodologia adotada segue a proposta composta por pergunta exploratória, território, expedição investigativa, definição do tema, aplicação de índices avaliativos e articulação curricular em comunidade de aprendizagem. A pergunta exploratória que orienta o projeto é: “Qual a importância dos tributos para a vida em sociedade?”. O território corresponde à comunidade escolar, a comunidade interiorana ao entorno da escola – Rincão Comprido - e ao município de Porto Xavier, abrangendo instituições públicas, estabelecimentos comerciais e espaços de convivência social.

A expedição investigativa contemplou diferentes etapas que integraram teoria e prática. Os alunos iniciaram com leituras e reflexões sobre direitos e deveres, seguidas da produção de mapas mentais e debates acerca dos tributos federais, estaduais e municipais. Também redigiram cartas destinadas a outras turmas, ampliando o diálogo sobre o tema. A participação em palestra com o Secretário Municipal da Fazenda e a análise de notas fiscais possibilitaram compreender a aplicação concreta dos impostos. Além disso, visitas a espaços públicos e comerciais evidenciaram a presença dos tributos no cotidiano. O projeto envolveu ainda as famílias, por meio do Programa Nota Fiscal Gaúcha, e estimulou produções artísticas e lúdicas, como logotipo e panfletos, reforçando a conscientização cidadã.

No panfleto, consta uma mensagem de conscientização orientando a população a solicitar notas fiscais no ato das compras, bem como a participar das trocas de notas fiscais por números, promovidas pela Prefeitura Municipal, com o intuito de concorrer a prêmios. O logotipo foi desenvolvido pelos alunos, simbolizando a união entre o cidadão e os tributos em prol do bem-estar da comunidade. E esse logotipo foi pirografado pelos estudantes em um porta - celular.

Os índices avaliativos compreendem registros iniciais e formativos, de modo a acompanhar a evolução da compreensão dos alunos ao longo do processo. A proposta articula-se diretamente às disciplinas de Matemática, Comunicação e Linguagem e Arte e Cultura, ampliando a integração entre currículo e realidade social

E, como culminância do projeto, os estudantes organizaram uma Mostra de Educação Fiscal, aberta as demais turmas da escola e às famílias, na qual apresentaram os resultados de suas investigações. Foram expostos os mapas mentais, produções artísticas, logotipo e panfletos, além de dramatizações e jogos educativos que retrataram a importância dos tributos. O evento promoveu momentos de interação, troca de saberes e conscientização coletiva sobre o papel dos impostos no desenvolvimento social, fortalecendo vínculo entre escola e comunidade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por tratar-se de um projeto ainda em andamento, os resultados parciais evidenciam um forte engajamento dos estudantes, que têm se mostrado ativos em atividades de leitura, produção textual e debates sobre cidadania. A análise de notas fiscais (Figura 01) e a elaboração de cartas destinadas a outras turmas revelam um avanço significativo na conscientização dos alunos quanto ao papel social dos tributos e sua relevância para a manutenção dos serviços públicos.

Figura 1 - Alunos analisando notas fiscais



Fonte: Os autores (2025)

As visitas de campo, juntamente com a palestra proferida pelo Secretário da Fazenda (Figura 02), reforçaram a articulação entre escola e comunidade, permitindo que

os estudantes reconhecessem, de forma concreta, a presença dos impostos em seu cotidiano. A adesão das famílias ao Programa Nota Fiscal Gaúcha também fortaleceu o caráter coletivo do projeto, evidenciando sua capacidade de mobilização e impacto social.

Figura 2 - Visita ao setor de tributos municipais



Fonte: Os autores (2025)

Outro resultado esperado é a produção e distribuição de panfletos informativos elaborados pelos alunos, abordando a importância da educação fiscal e a relevância do Programa Nota Fiscal Gaúcha. Essa ação tem como objetivo conscientizar a comunidade sobre a função social dos tributos e incentivar práticas cidadãs simples, como a solicitação da nota fiscal em compras cotidianas. Dessa forma, o projeto extrapola os muros da escola e amplia o alcance do aprendizado, fortalecendo o vínculo entre conhecimento escolar e realidade social.

Além disso, os estudantes confeccionarão porta-notas, que serão entregues aos moradores da comunidade. Esse recurso material, aliado à campanha de conscientização, busca estimular a coleta e a guarda de notas fiscais, promovendo tanto a participação no programa estadual quanto a reflexão sobre o retorno social dos tributos. Assim, a ação prática reforça o protagonismo dos alunos como multiplicadores do conhecimento, ao mesmo tempo em que consolida a educação fiscal como eixo de formação cidadã.

Espera-se que, ao final do processo, os alunos desenvolvam competências críticas e reflexivas sobre a importância dos tributos como instrumento de justiça social,

aproximando-se da concepção defendida por Luckesi (1994), segundo a qual o conhecimento é instrumento de compreensão e intervenção na realidade. Assim, a proposta contribui não apenas para a formação cidadã, mas também para o fortalecimento da relação entre escola, família e comunidade, dialogando com a necessidade de construir práticas pedagógicas contextualizadas e transformadoras.

As ações desenvolvidas ao longo do projeto refletem os princípios teóricos apresentados, especialmente no que se refere à formação integral do estudante e à construção do conhecimento por meio da prática social. Assim como propõem Dewey (1979) e Freire e Prado (1999), o aprendizado foi concebido como experiência viva, em que os alunos não apenas estudam conceitos, mas os aplicam em situações concretas do cotidiano. O estudo sobre cidadania e tributos, aliado às atividades práticas — como a análise de notas fiscais, a criação de cartas e campanhas educativas —, permitiu aos estudantes compreender a relevância dos impostos para o funcionamento da sociedade e reconhecer o papel de cada cidadão na promoção do bem comum.

Além disso, observa-se que a pedagogia de projetos, conforme discutida por Prado (2001) e Valente (2000), mostrou-se fundamental para promover a autonomia e o protagonismo dos alunos. A participação ativa nas diferentes etapas, desde a pesquisa até a produção de materiais para a comunidade, reforça a visão de Gadotti (1999) sobre a educação como processo de emancipação e transformação social. Desse modo, o projeto “Cidadania e Tributos” concretiza os princípios da Educação Fiscal preconizados pelo PNEF, ao transformar o conhecimento em ação e a escola em um espaço de diálogo, consciência crítica e exercício da cidadania.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto Cidadania e Tributos reafirma o papel da escola como espaço privilegiado de formação crítica, no qual o processo educativo ultrapassa os limites da sala de aula e alcança a vida em sociedade. A experiência tem evidenciado que é possível engajar alunos e famílias em reflexões sobre direitos e deveres, fortalecendo a consciência cidadã e a compreensão acerca da função social dos tributos.

Durante o desenvolvimento das atividades — como a leitura, a produção de cartas, a análise de notas fiscais, a criação de panfletos e a confecção de porta-notas — observou-se o envolvimento ativo dos estudantes e a ampliação de seus saberes sobre cidadania,

impostos e corresponsabilidade social. Ao articular o conhecimento científico e matemático com a realidade tributária, o projeto demonstra que o aprendizado escolar pode gerar impactos concretos na comunidade, ao promover o entendimento crítico sobre a arrecadação e aplicação dos recursos públicos.

Nesse sentido, o conhecimento matemático, quando contextualizado em situações reais, como o cálculo de percentuais, preços e impostos, deixa de ser um conteúdo abstrato e passa a ter função social, contribuindo para que os estudantes compreendam a interdependência entre economia, cidadania e justiça fiscal. Esse movimento aproxima a escola do cotidiano dos alunos e transforma o saber em instrumento de intervenção e mudança social.

Ainda em andamento, a iniciativa aponta para resultados promissores, tanto no desenvolvimento da autonomia crítica dos estudantes quanto na consolidação de uma cultura de participação comunitária. Assim, considera-se que o Cidadania e Tributos contribui não apenas para a prática pedagógica, mas também para o campo acadêmico, ao evidenciar o potencial transformador do conhecimento científico, matemático e socialmente aplicado. O projeto confirma que a Educação Fiscal, quando articulada a metodologias ativas e interdisciplinares, é capaz de formar cidadãos conscientes, éticos e comprometidos com a construção de uma sociedade mais justa e democrática.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. E. B. de. (2002, março/abril). **Como se trabalha com projetos (entrevista)**. Revista TV Escola. Secretaria de Educação a Distância. (22), 35-38. Brasília: Ministério da Educação, Seed.

BARBOSA, A. M. **Cidadania fiscal**. Curitiba: Juruá, 2005.

BRANDÃO, C. R. (2001). **O que é educação**. São Paulo: Brasiliense, (Coleção Primeiros Passos 203) 40^o. Reimpressão.

BRASIL. Ministério da Fazenda. (2015). **Programa Nacional de Educação Fiscal (PNEF): documento base**. Grupo de Educação Fiscal. Brasília: ESAF.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Escola de Administração Fazendária. Programa Nacional de Educação Fiscal (PNEF)**. (2009). Educação Fiscal no Contexto Social. (4a ed). Brasília: ESAF.

- BUFFON, M. **A tributação como instrumento de densificação do princípio da dignidade da pessoa humana**. 371f. 2007. Tese (Doutorado em Direito). Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2007.
- CAMINHA, S. C. R. (2017). **Projeto educação fiscal para a cidadania nas escolas de Lages-SC: conhecendo percepções de professores protagonistas deste processo**. (Dissertação de Mestrado). Universidade do Planalto Catarinense, Lages.
- DEWEY, J. (1979). **Experiência e Educação**. (3a ed.). São Paulo: Nacional.
- FREIRE, F. M., Prado, M. E. B. (1999). Projeto pedagógico: pano de fundo para escolha de software educacional. In: Valente, J. A. (Org.). **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: NIED-UNICAMP, 1999, pp. 111-129.
- FREIRE, P. (2005). **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra.
- GADOTTI, M. (1999). **Escola cidadã**. São Paulo: Cortez/Autores Associados.
- HERNÁNDEZ, F., VENTURA, M. **A organização do currículo por projetos de trabalho**. (1998). Tradução de Jussara Haubert Rodrigues. Porto Alegre: Artes Médicas.
- LUCKESI, C. C. **Filosofia da Educação**. São Paulo: Cortez, 1994. (Coleção magistério 2º grau. Série formação do professor).
- PRADO, M. E. B. B. (2001). **Articulando saberes e transformando a prática. Boletim do Salto para o Futuro**. Série Tecnologia e Currículo, TV Escola. Brasília: Secretaria de Educação a Distância – Seed. Ministério da Educação.
- SANTIAGO, M. I. C. **A influência do Programa de Educação Fiscal no comportamento dos alunos do Ensino Médio: o caso das escolas Liceu de Acaraú e Maria Luiza Barros de Itarema-CE**. Dissertação (Mestrado Profissional em Avaliação de Políticas Públicas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- SKOVSMOSE, O. **Educação Crítica: incerteza, matemática, responsabilidade**. São Paulo: Cortez, 2007.
- VALENTE, J.A. (2000). Formação de Professores: Diferentes Abordagens Pedagógicas. In: Valente, J.A. (org.) **O computador na Sociedade do Conhecimento**. Campinas, SP: UNICAMPNIED. p.04.
- WESTBROOK, R. B., DEWEY, J., TEIXEIRA, A., ROMÃO, J. E., & RODRIGUES, V. L. (Orgs.). (2010). **John Dewey**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Massangana.

Capítulo 2
REPRESENTAÇÃO DE NÚMEROS COMPLEXOS E O
GEOGEBRA

Diogo Schröpfer
Patrícia Loriane Falk

REPRESENTAÇÃO DE NÚMEROS COMPLEXOS E O GEOGEBRA

Diogo Schröpfer

Licenciado em Matemática, diogo.2020001591@aluno.iffar.edu.br

Patrícia Loriane Falk

Licenciada em Matemática, patricia.2020002623@aluno.iffar.edu.br

RESUMO

O ensino de números complexos, apesar de sua relevância histórica e interdisciplinar, ainda é pouco explorado no ensino médio, muitas vezes reduzido a abordagens algébricas que dificultam a compreensão plena do conceito. Este trabalho busca contribuir para o processo de ensino-aprendizagem dos números complexos a partir de uma proposta que integra as dimensões algébrica e geométrica, aliando o uso de tecnologias digitais e atividades concretas. Para isso, foi utilizado o software de geometria dinâmica *GeoGebra*, em consonância com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997), que enfatizam a importância da escolha de softwares educacionais capazes de favorecer a construção ativa do conhecimento. A pesquisa adota abordagem qualitativa e foi realizada com estudantes do ensino médio. As aulas foram organizadas em três momentos: (i) retomada de conceitos prévios sobre o plano cartesiano; (ii) exploração de números complexos no plano complexo por meio do *GeoGebra*, possibilitando visualizar operações como adição, multiplicação e divisão; (iii) atividade prática colaborativa com a construção de um plano complexo com cordas, em que os estudantes representaram-se como números complexos. Os resultados evidenciaram que a combinação entre o recurso digital e a prática concreta favoreceu a compreensão dos conceitos e promoveu maior engajamento da turma. O *GeoGebra* possibilitou explorar de forma dinâmica e investigativa as propriedades dos números complexos, enquanto a atividade com cordas proporcionou vivência lúdica e colaborativa. Conclui-se que metodologias que integram tecnologia e práticas criativas têm potencial para tornar a aprendizagem mais significativa, motivadora e consistente, especialmente em conteúdos abstratos da matemática.

Palavras-chave: Números complexos. Ensino de Matemática. *GeoGebra*. Tecnologias digitais

ABSTRACT

The teaching of complex numbers, despite its historical and interdisciplinary relevance, remains underexplored in high school, often reduced to algebraic approaches that hinder a full understanding of the concept. This work seeks to contribute to the teaching-learning process of complex numbers through a proposal that integrates the algebraic and geometric dimensions, combining the use of digital technologies and concrete activities. To this end, the dynamic geometry software GeoGebra was used, in accordance with the National Curricular Parameters (BRASIL, 1997), which emphasize the importance of choosing educational software capable of fostering the active construction of knowledge. The research adopts a qualitative approach and was conducted with high school students. Classes were organized into three phases: (i) review of previous concepts about the Cartesian plane; (ii) exploration of complex numbers in the complex plane using GeoGebra, enabling visualization of operations such as addition, multiplication, and division; (iii) collaborative hands-on activity involving the construction of a complex plane with strings, in which students represented themselves as complex numbers. The results showed that the combination of digital resources and practical practice favored conceptual understanding and promoted greater class engagement. GeoGebra enabled a dynamic and investigative exploration of the properties of complex numbers, while the string activity provided a playful and collaborative experience. The conclusion is that methodologies that integrate technology and creative practices have the potential to make learning more meaningful, motivating, and consistent, especially in abstract mathematical subjects..

Keywords: Complex numbers. Mathematics teaching. GeoGebra. Digital technologies.

INTRODUÇÃO

Os números complexos constituem um marco relevante na história da matemática, pois sua consolidação representou a superação de desafios que, à época, pareciam insuperáveis. A questão central envolvia justamente a quebra da ideia de que números negativos não poderiam possuir raízes quadradas (EVES, 2011).

Atualmente, o estudo desse conjunto numérico é parte integrante dos cursos de graduação das áreas de ciências exatas e dialoga com diferentes campos do conhecimento. Suas aplicações são vastas, abrangendo, por exemplo, a engenharia, a matemática pura e aplicada, além da física quântica. Nesta última, os números complexos desempenham papel essencial na descrição do estado de partículas por meio da função de onda, que se trata de uma função complexa. Na matemática, eles se articulam com temas como

trigonometria, geometria, funções, entre outros, evidenciando sua relevância interdisciplinar.

Apesar de sua importância, o ensino de números complexos ainda ocupa posição secundária. No nível do ensino médio, observa-se que a abordagem tradicional é frágil, frequentemente limitada ao aspecto algébrico das operações, desconsiderando suas representações geométricas e propriedades visuais. Essa restrição compromete a compreensão plena do conceito e pode dificultar o avanço do estudante em outras áreas da matemática.

Nesse sentido, torna-se evidente a relevância do estudo dos números complexos. Mais do que um capítulo curioso da história, eles representam uma expansão fundamental do pensamento matemático, permitindo a resolução de problemas que seriam insolúveis apenas no âmbito dos números reais e abrindo novas perspectivas para a ciência e para a investigação matemática.

Com base nisso, este trabalho busca contribuir para o processo de ensino-aprendizagem dos números complexos, propondo uma abordagem que valorize tanto a dimensão algébrica quanto a geométrica, utilizando o software GeoGebra como recurso didático. Por meio dessa ferramenta, todas as operações poderão ser exploradas sob dois pontos de vista, além de possibilitar a investigação de um teorema central acerca do número de raízes de um número complexo.

A inserção de tecnologias digitais na educação matemática, entretanto, ainda constitui um desafio tanto para professores quanto para estudantes. Superar esse obstáculo implica repensar práticas pedagógicas ainda fortemente marcadas pela lógica da educação bancária, baseada na mera transmissão de conteúdos, em que o estudante assume papel passivo. Nesse cenário, faz-se necessário construir alternativas metodológicas que promovam maior interação, compreensão e autonomia no processo formativo.

REFERENCIAL TEÓRICO

Os números complexos surgiram para solucionar uma questão fundamental na matemática: a inexistência de raízes quadradas de números negativos dentro do conjunto dos números reais. Para superar essa limitação, introduziu-se o conceito de unidade imaginária, denotada por i , que é definida pela propriedade $i^2 = -1$. Isso permitiu a

criação de um novo conjunto numérico, dos Números Complexos ($\mathbb{C}$), que engloba todos os números reais e ainda mais, pois oferece uma estrutura capaz de resolver equações que antes eram insolúveis.

Um número complexo é expresso na forma $z = a + bi$, onde a e b são números reais e i é a unidade imaginária. A componente a representa a parte real de z (denotada como $Re(z) = a$), enquanto b representa a parte imaginária (denotada como $Im(z) = b$).

Essa estrutura numérica amplia significativamente o escopo da álgebra e oferece ferramentas poderosas para diversas áreas da matemática e da engenharia, incluindo análise complexa, resolução de equações diferenciais e representação de fenômenos ondulatórios, entre outros.

Em resumo, temos: $z = \{a + bi, a, b \in \mathbb{R}\}$ $z = a + bi$, onde a é a parte real, b a parte imaginária e i a unidade imaginária. $Re(z) = a, Im(z) = b$

O plano complexo

O início do estudo dos números complexos a partir de sua representação no plano complexo constitui uma escolha metodológica estratégica e altamente eficaz. Isso porque a abordagem geométrica favorece uma compreensão mais intuitiva e visual dos conceitos algébricos, facilitando a assimilação das propriedades fundamentais desse conjunto numérico.

Ao representar os números complexos em um sistema bidimensional, o plano complexo possibilita interpretar operações algébricas como transformações geométricas. A adição e a subtração, por exemplo, correspondem a operações vetoriais, enquanto a multiplicação e a divisão podem ser compreendidas como rotações e ampliações. Essa visualização não apenas torna os conceitos mais acessíveis, mas também permite explorar aspectos como simetria, periodicidade e continuidade de forma menos abstrata.

Além de favorecer a compreensão, o plano complexo estabelece conexões diretas com outras áreas da matemática, como a análise complexa e a geometria, funcionando como elo entre os fundamentos iniciais e os desenvolvimentos mais avançados da teoria. Assim, iniciar o estudo por essa via garante uma base sólida para aprofundamentos posteriores, ao mesmo tempo em que estimula a curiosidade dos estudantes, apresentando os números complexos de maneira atrativa e conceitualmente consistente.

Portanto, a utilização do plano complexo como ponto de partida combina rigor matemático com clareza didática, oferecendo um percurso lógico e eficiente para a

compreensão dos múltiplos aspectos que envolvem essa importante construção matemática.

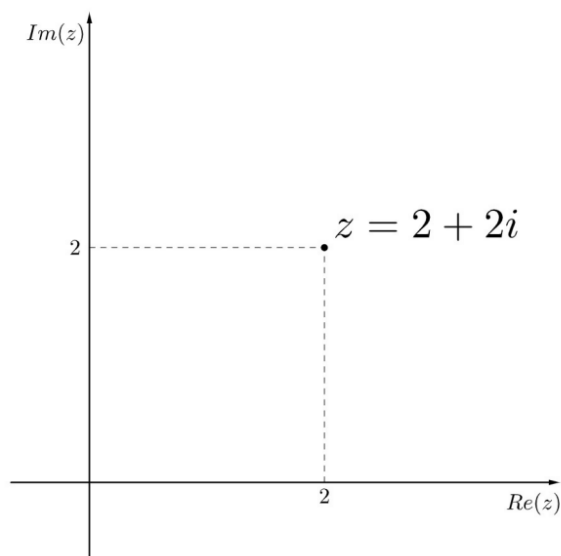
Representação do número complexo no plano

O plano complexo, também conhecido como plano de Argand-Gauss, é uma ferramenta essencial na matemática para a visualização e manipulação de números complexos. De fato, este plano representa uma extensão do plano cartesiano tradicional, adaptado para incorporar a natureza bidimensional dos números complexos.

Neste plano, o eixo horizontal (eixo das abscissas) representa a parte real dos números complexos, sendo denominado como eixo $Re(z)$. Já o eixo vertical (eixo das ordenadas) é dedicado à parte imaginária dos números complexos, denominado como eixo $Im(z)$. Essa disposição permite uma representação visual direta e intuitiva dos números complexos.

Um número complexo, expresso na forma $a + bi$, onde a e b são números reais e i é a unidade imaginária, pode ser representado no plano complexo tanto como um ponto (afixo) cujas coordenadas são (a, b) , quanto como um vetor com origem em $(0,0)$ e extremidade em (a, b) . Esta abordagem, conforme demonstrado na Figura 1, oferece uma visualização geométrica intuitiva e eficaz, destacando a natureza bidimensional dos números complexos e facilitando o entendimento de suas operações e propriedades.

Figura 1 - Representação do número complexo $z = 2 + 2i$ no plano complexo.



Fonte: o autor (2025)

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo é de natureza qualitativa, uma vez que busca compreender, em profundidade, como o uso de recursos tecnológicos pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem dos números complexos, especialmente no que se refere à sua representação geométrica.

O campo empírico foi constituído por uma turma de estudantes do ensino médio, em que foram desenvolvidas atividades didáticas envolvendo a exploração dos números complexos no plano complexo. O planejamento das aulas contemplou três momentos principais:

1. Retomada de conceitos prévios, por meio da utilização do plano cartesiano, com o objetivo de resgatar conhecimentos já adquiridos e preparar os alunos para a introdução do novo conteúdo.
2. Exploração com recurso tecnológico, utilizando o software GeoGebra como ferramenta para representar e manipular números complexos, favorecendo a compreensão visual das operações básicas (adição, subtração, multiplicação e divisão).
3. Atividade prática e colaborativa, realizada com cordas para construir um plano complexo no espaço físico da sala de aula. Nessa proposta, os estudantes representaram números complexos por meio de sua localização no plano, permitindo uma vivência concreta e coletiva do conceito.

A coleta de dados se deu por meio de registros escritos produzidos pelos estudantes, observações diretas durante as atividades e registros fotográficos, os quais possibilitaram a análise do engajamento, das dificuldades e das estratégias de compreensão apresentadas pelos alunos.

A análise dos dados foi orientada por uma perspectiva interpretativa, buscando identificar como os diferentes recursos — digital e concreto-manipulativo — auxiliaram os estudantes na apropriação do conceito de número complexo e em sua representação geométrica.

ALGUNS DADOS

Em uma aula de matemática o início dela foi marcado pelo professor distribuindo um plano cartesiano para os alunos, com o objetivo de proporcionar a eles uma

oportunidade de se familiarizarem novamente com o plano e relembrem como marcar pontos nesse sistema cartesiano. Essa atividade de reforço, resgatando conceitos anteriores, contribuiu para a consolidação do conhecimento e para a preparação dos estudantes para o conteúdo subsequente. Foi um momento de revisão importante que reforçou as bases permitidas para o desenvolvimento do material.

Na sequência, o professor explicou detalhadamente aos estudantes como localizar os números complexos no plano complexo. Ele enfatizou a importância de compreender o eixo real e o eixo imaginário, bem como as coordenadas no plano. A explicação minuciosa ajudou os alunos a visualizarem de forma clara como representar os números complexos graficamente, facilitando a compreensão desse conceito fundamental. Esse passo foi crucial para a construção do conhecimento e a preparação para as atividades práticas que viriam a seguir.

Em seguida, os alunos foram conduzidos a uma atividade investigativa envolvendo o uso da ferramenta *Geogebra* para aprofundar seus conhecimentos sobre números complexos. Nessa atividade, eles tiveram a oportunidade de aplicar na prática o que aprenderam sobre a localização de números complexos no plano complexo. Usando o *Geogebra* (Figura 2), os estudantes exploraram de forma interativa a representação gráfica de números complexos, identificando suas partes reais e imaginárias, além de entender como as operações matemáticas, como adição e multiplicação, se manifestam no plano complexo. Essa abordagem prática, aliada ao uso da tecnologia, permitiu que os alunos visualizassem conceitos abstratos de uma maneira concreta e envolvente.

Figura 2: Alunos usando o Geogebra



Fonte: O autor (2023)

Abordas atividades investigativas, em sala de aula, proporcionou aos alunos a oportunidade de obterem registro do que haviam compreendido, participarem da construção de seu conhecimento, de terem suas opiniões e de conseguirem tomar decisões. "A Interpretação da tarefa deve ser, por ela própria, um dos objetivos destas aulas, pelo que, gradualmente, deve esperar-se que o aluno a realize autonomamente ou com os seus colegas" (PONTE; BROCARD; OLIVEIRA 2003, p.3).

Como parte da sistematização da aula, o estagiário propôs uma atividade criativa usando cordas para representar o plano complexo (Figura 3). Nessa dinâmica, cada aluno desempenhava o papel de um número complexo e tinha a tarefa de se posicionar corretamente no plano complexo desenhado com as cordas. A proposta foi muito bem recebida pelos estudantes, e muitos deles até pediram para representar mais de um número complexo, demonstrando grande interesse e excitação pela atividade. Além disso, essa atividade promoveu um forte senso de trabalho em equipe, pois os colegas ajudaram uns aos outros para garantir que todos se posicionassem corretamente no plano complexo. Foi uma experiência que refletiu a cooperação e a colaboração dentro da turma.

Figura 3: Plano Complexo com cordas



Fonte: O autor (2023)

Essa experiência mostrou que a combinação entre o uso de tecnologias digitais, como o *GeoGebra*, e a exploração concreta e colaborativa, como no plano construído com cordas, potencializa a aprendizagem. Enquanto o software ofereceu uma visão dinâmica e investigativa, a atividade prática trouxe um caráter lúdico e cooperativo, favorecendo tanto a compreensão conceitual quanto o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem.

De acordo com os PCN (BRASIL, 1997), o computador pode ser bastante útil nos processos de ensino e aprendizagem, sendo um recurso que pode ser explorado a partir das intenções didáticas dos professores. Nesse sentido, tanto computadores quanto smartphones podem ser incorporados às práticas escolares, desde que vinculados a objetivos pedagógicos que considerem as condições da turma e as possibilidades do docente.

Neste trabalho, optamos pela utilização do software de geometria dinâmica *GeoGebra*, com o intuito de favorecer a compreensão dos números complexos em sua dimensão algébrica e geométrica. A escolha desse recurso não se deu de forma aleatória, mas em consonância com a orientação dos Parâmetros Curriculares Nacionais, que enfatizam:

Quanto aos softwares educacionais é fundamental que o professor aprenda a escolhê-los em função dos objetivos que pretende atingir e de sua própria concepção de conhecimento e de aprendizagem, distinguindo os que se prestam mais a um trabalho dirigido para testar conhecimentos dos que procuram levar o aluno a interagir com o programa de forma a construir conhecimento. (BRASIL, 1997, p. 35).

Assim, ao adotar o *GeoGebra* neste estudo, buscamos justamente promover a interação dos alunos com o conteúdo, permitindo que construíssem conhecimento de forma ativa e participativa, em vez de limitar a atividade a um simples exercício de fixação. Essa escolha metodológica está em sintonia com as recomendações dos PCN, reforçando o papel do professor como mediador do processo de aprendizagem e o potencial das tecnologias digitais como instrumentos de mediação pedagógica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a proposta para esta aula mostrou-se eficaz, uma vez que possibilitou aos alunos compreender de forma significativa como representar os números

complexos no plano complexo. O uso combinado de recursos digitais, como o GeoGebra, e de atividades práticas, como a construção do plano com cordas, contribuiu para tornar o conteúdo mais acessível e dinâmico, favorecendo a aprendizagem tanto no aspecto algébrico quanto no geométrico.

No processo avaliativo, o professor observou os registros e anotações produzidos pelos estudantes durante a utilização do software, bem como a forma como se posicionaram no plano físico elaborado em sala. Esses elementos evidenciaram que os alunos não apresentaram dificuldades significativas em realizar as operações propostas, o que demonstra a consolidação dos conceitos trabalhados.

Além disso, destaca-se que a integração entre tecnologia e prática colaborativa em sala de aula promoveu maior engajamento dos estudantes, despertando interesse e participação ativa. Esse resultado reforça a importância de metodologias que valorizem a interação, a experimentação e a mediação docente no processo de ensino-aprendizagem, em consonância com as orientações dos PCN (BRASIL, 1997).

Portanto, esta experiência aponta para o potencial das tecnologias digitais e de abordagens criativas no ensino da matemática, especialmente em conteúdos tradicionalmente considerados abstratos, como os números complexos. Ao aproximar teoria e prática, abre-se caminho para práticas pedagógicas inovadoras, capazes de tornar a aprendizagem mais significativa, participativa e motivadora para os alunos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. MEC/SEF. Parâmetros curriculares nacionais: matemática / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1997.

EVES, H. Introdução à história da matemática. Trad. Hygino H. Domingues. Campinas: Editora da Unicamp, 2011.

PONTE, J. P.; BROCARD, J.; OLIVEIRA, H. Investigação matemática na sala de aula. Belo Horizonte: Autêntica, 2003.

Capítulo 3
METODOLOGIAS ATIVAS NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E
TECNOLÓGICA: UMA ESTRATÉGIA ESTRUTURANTE PARA
O DESENVOLVIMENTO DAS COMPETÊNCIAS DO SÉCULO
XXI

Kelson Silva de Almeida
Camila de Sousa Moura Almeida

METODOLOGIAS ATIVAS NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA: UMA ESTRATÉGIA ESTRUTURANTE PARA O DESENVOLVIMENTO DAS COMPETÊNCIAS DO SÉCULO XXI

Kelson Silva de Almeida

*Engenheiro Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) –
Campus Floriano. eng.kelson@ifpi.edu.br.*

Camila de Sousa Moura Almeida

*Assistente Social, Secretaria de Estado da Saúde do Piauí (SESAPI).
camilamoura.ass@gmail.com.*

RESUMO

Este artigo analisa a implementação de metodologias ativas como uma estratégia pedagógica fundamental para a Educação Profissional e Tecnológica (EPT) no Brasil, em resposta às demandas do século XXI. A transição de um modelo de ensino tradicional, centrado no docente, para abordagens que posicionam o estudante como protagonista de sua aprendizagem é discutida como um imperativo para o desenvolvimento de competências essenciais delineadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O estudo aprofunda a fundamentação teórica que conecta o protagonismo discente às dez competências gerais da BNCC, demonstrando como estas servem de norte para uma formação integral. São exploradas, em detalhe, estratégias práticas como a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), a Sala de Aula Invertida e a Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL), com base em relatos de experiência e estudos de caso em instituições de referência como os Institutos Federais e o SENAI. A análise evidencia que tais metodologias são eficazes para fomentar o pensamento crítico, a autonomia, a colaboração e a criatividade. Contudo, a sua implementação enfrenta desafios significativos, incluindo a resistência à mudança, a necessidade de formação docente continuada e barreiras institucionais e estruturais. Conclui-se que a superação desses obstáculos, por meio de políticas de formação e de uma cultura de inovação, é crucial para que a EPT possa efetivamente preparar profissionais críticos, autônomos e capazes de responder às complexidades do mundo do trabalho contemporâneo.

Palavras-chave: metodologias ativas; educação profissional e

tecnológica; competências do século XXI; formação docente; inovação pedagógica.

ABSTRACT

This article analyzes the implementation of active methodologies as a fundamental pedagogical strategy for Professional and Technological Education (EPT) in Brazil, in response to the demands of the 21st century. The transition from a traditional, teacher-centered teaching model to approaches that position the student as the protagonist of their own learning is discussed as an imperative for developing essential competencies outlined by the National Common Curricular Base (BNCC). The study delves into the theoretical foundation that connects student protagonism to the ten general competencies of the BNCC, demonstrating how these serve as a guide for comprehensive education. Practical strategies such as Problem-Based Learning (PBL), the Flipped Classroom, and Project-Based Learning (PjBL) are explored in detail, based on experience reports and case studies from reference institutions like the Federal Institutes and SENAI. The analysis shows that such methodologies are effective in fostering critical thinking, autonomy, collaboration, and creativity. However, their implementation faces significant challenges, including resistance to change, the need for continuous teacher training, and institutional and structural barriers. It is concluded that overcoming these obstacles, through training policies and a culture of innovation, is crucial for EPT to effectively prepare critical, autonomous professionals capable of responding to the complexities of the contemporary world of work.

Keywords: active methodologies; professional and technological education; 21st century competencies; teacher training; pedagogical innovation.

1. INTRODUÇÃO: O NOVO PARADIGMA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA (EPT)

A Educação Profissional e Tecnológica (EPT) no Brasil encontra-se em uma encruzilhada histórica, confrontada pelo duplo desafio de expandir o acesso e, simultaneamente, assegurar uma formação de alta qualidade que responda às céleres e profundas transformações no processo produtivo e no mundo do trabalho (MACHADO, 2011). A sociedade contemporânea, marcada pela globalização e pela revolução digital, exige um novo perfil profissional. Não basta mais o domínio de habilidades puramente técnicas; o mercado demanda competências socioemocionais, como trabalho em equipe, resiliência, criatividade, pensamento crítico e capacidade de tomada de decisão (ANDRADE, 2018). Este cenário, frequentemente denominado "Educação 4.0", está

intrinsecamente ligado à revolução tecnológica e impõe a necessidade urgente de repensar e reelaborar as abordagens pedagógicas tradicionais (ANDRADE, 2018; CASTAMAN; RODRIGUES, 2020).

Nesse contexto, o modelo de ensino convencional, caracterizado pela transmissão expositiva de conteúdo e centrado na figura do professor como único detentor do conhecimento, revela-se cada vez mais insuficiente. Críticas a este modelo apontam que ele promove uma postura passiva no estudante, um mero espectador e reproduzidor de informações, o que se contrapõe diretamente à necessidade de formar cidadãos autônomos e proativos (MORAN, 2018; BERBEL, 2011). A persistência desse paradigma na EPT, um campo historicamente marcado por uma dualidade estrutural que destinava uma formação propedêutica às elites e uma capacitação técnica e fragmentada aos trabalhadores (RAMOS, 2014), agrava o descompasso entre a formação oferecida e as competências efetivamente requeridas. A necessidade de adotar novas metodologias não representa, portanto, apenas uma atualização pedagógica, mas uma resposta a uma crise de relevância. A falha em preparar adequadamente os jovens para as novas configurações do trabalho contribui para agravar problemas sociais como o desemprego juvenil (MACHADO, 2011). A mudança é um imperativo econômico e social.

Este artigo defende a tese de que a adoção sistemática e bem fundamentada de metodologias ativas constitui a estratégia pedagógica mais eficaz e estruturante para que a EPT possa superar seus desafios históricos e formar profissionais verdadeiramente alinhados às competências do século XXI, conforme delineado pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Para sustentar este argumento, será realizada uma análise da fundamentação teórica que articula essas abordagens inovadoras com as competências essenciais. Em seguida, serão exploradas suas aplicações práticas por meio de estratégias consolidadas, como a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), a Sala de Aula Invertida e a Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL), ilustradas com exemplos concretos do contexto brasileiro. Por fim, serão discutidos os desafios estruturais, culturais e formativos para sua implementação em larga escala, bem como as perspectivas para sua consolidação como pilar da EPT no país.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: CONECTANDO METODOLOGIAS ATIVAS E COMPETÊNCIAS ESSENCIAIS

A transição para um modelo educacional mais dinâmico e eficaz na EPT exige uma base teórica sólida que justifique e oriente a mudança. Essa base se assenta em dois pilares interdependentes: a redefinição dos papéis de aluno e professor, promovida pelas metodologias ativas, e o arcabouço de competências essenciais formalizado pela BNCC.

2.1. O Protagonismo Discente e a Reconfiguração do Papel Docente

As metodologias ativas são definidas como um conjunto de abordagens educacionais que deslocam o centro do processo de ensino-aprendizagem do professor para o estudante, convertendo-o em protagonista de sua própria formação (BERBEL, 2011; DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017). O princípio fundamental é que a aprendizagem é mais significativa e duradoura quando o indivíduo está ativamente envolvido na construção do conhecimento. O objetivo transcende a mera participação; busca-se capacitar o aluno a "inserir-se nas discussões, teorizar e trazer elementos novos, ainda não considerados na aula ou na perspectiva do docente" (BERBEL, 2011).

Nessa perspectiva, o estudante abandona a postura de receptor passivo de informações para se tornar um agente ativo, que investiga, questiona, colabora e aplica o conhecimento em contextos práticos. Este modelo fomenta o desenvolvimento da autonomia e do engajamento contínuo, habilidades cruciais para a aprendizagem ao longo da vida (BACICH; MORAN, 2018). A aprendizagem se dá de forma colaborativa e contextualizada, frequentemente por meio da resolução de problemas reais ou simulados que guardam estreita relação com os desafios de sua futura profissão, o que é particularmente relevante para a EPT (SCARTEZINI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2021).

Consequentemente, o papel do docente é profundamente reconfigurado. Ele deixa de ser o transmissor de conteúdo para assumir a função de mediador, facilitador e arquiteto de experiências de aprendizagem (BACICH; MORAN, 2018; VALENTE, 2014). Sua atuação se concentra em estimular o pensamento crítico dos estudantes, orientar as discussões em grupo, prover

feedback construtivo e promover um ambiente de cooperação mútua (VALENTE, 2014). A atenção do professor se desloca de "como ensinar" para "como os alunos

aprendem", permitindo a tomada de decisões pedagógicas mais eficazes e personalizadas (HATTIE, 2017).

2.2. As Competências do Século XXI na BNCC como Norte para a EPT

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) surge como um documento de caráter normativo que estabelece as aprendizagens essenciais que todos os estudantes brasileiros têm o direito de desenvolver ao longo da Educação Básica. Ela não se constitui como um currículo, mas como uma referência obrigatória para a elaboração dos currículos das redes de ensino públicas e privadas (BRASIL, 2018; MOVIMENTO PELA BASE, 2023). Sua principal inovação pedagógica é a organização do percurso formativo em torno do desenvolvimento de competências.

A BNCC define competência como a "mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho" (BRASIL, 2018).¹³ Essa definição representa uma mudança paradigmática fundamental: o foco se desloca do mero "saber" (acumular conteúdo) para o "saber fazer" (mobilizar o conhecimento de forma prática e contextualizada).

Para orientar esse processo, a BNCC estabelece dez competências gerais que devem ser desenvolvidas de forma integrada em todas as etapas da Educação Básica, o que inclui o Ensino Médio Integrado à EPT (BRASIL, 2018).¹³ Essas competências, que abrangem áreas como pensamento científico, crítico e criativo, comunicação, cultura digital, trabalho e projeto de vida, e responsabilidade e cidadania, representam a formalização, no contexto brasileiro, das chamadas "competências do século XXI" (BRASIL, 2018; RYCHEN; TIANA, 2005).¹³ O objetivo último é promover a formação integral do estudante, considerando suas dimensões intelectual, física, social, emocional e cultural (MOVIMENTO PELA BASE, 2023).

Existe uma sinergia intrínseca e indissociável entre a definição de competência da BNCC e o propósito das metodologias ativas. A BNCC, ao definir competência como a *mobilização* de saberes para *resolver demandas complexas*, estabelece um objetivo que o ensino tradicional, focado na *transmissão* de informações, é incapaz de alcançar. Por outro lado, as metodologias ativas são estruturadas precisamente em torno de desafios, problemas e projetos que exigem essa mobilização. Portanto, a adoção de um referencial

por competências pela BNCC não apenas sugere, mas implicitamente *exige* uma revolução metodológica na sala de aula. As metodologias ativas não são uma "opção" para quem deseja implementar a BNCC; elas são sua ferramenta de efetivação e sua consequência pedagógica mais lógica.

3. ESTRATÉGIAS PRÁTICAS: METODOLOGIAS ATIVAS EM AÇÃO NA EPT

A aplicação dos princípios das metodologias ativas na EPT se materializa por meio de diversas estratégias pedagógicas. Entre as mais consolidadas e com maior potencial de impacto, destacam-se a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), a Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*) e a Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL).

3.1. A Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) e o Fomento ao Pensamento Crítico

A Aprendizagem Baseada em Problemas, ou PBL (*Problem-Based Learning*), é um método de ensino que parte de problemas autênticos, complexos e, muitas vezes, "mal estruturados" – ou seja, sem uma única solução correta – como gatilho para a aprendizagem autodirigida e colaborativa (BARROWS, 1996; SOUZA; DOURADO, 2015). Originada no ensino de medicina na década de 1960, no Canadá, a metodologia foi concebida para superar o distanciamento entre a teoria acadêmica e a prática profissional, um desafio central também para a EPT (BARROWS, 1996).

A estrutura do método PBL geralmente se desdobra em etapas sequenciais, que podem variar, mas comumente incluem: a apresentação do problema pelo professor-tutor; a exploração dos conhecimentos prévios do grupo; a formulação de hipóteses; a identificação das lacunas de conhecimento e a definição dos objetivos de aprendizagem; o estudo individual ou em subgrupos para buscar as informações necessárias; a reavaliação do problema à luz dos novos conhecimentos adquiridos; e, por fim, a avaliação e reflexão sobre o processo de aprendizagem (WALSH, 2005).

Diversos estudos apontam a superioridade do PBL em relação a métodos tradicionais no que tange ao desenvolvimento do pensamento crítico (GORDON et al., 2001). Ao confrontar os estudantes com problemas que mimetizam a complexidade do mundo real, a metodologia os força a analisar informações, avaliar fontes, construir

argumentos sólidos, tomar decisões e defender suas soluções de forma racional e reflexiva (CYRINO; TORALLES-PEREIRA, 2004; MAMEDE, 2001; MITRE et al., 2008; RIBEIRO, 2008; SOUZA; DOURADO, 2015).

Um exemplo notável de sua aplicação na EPT brasileira é a experiência do SENAI de Feira de Santana com a metodologia alemã Theoprax, uma variação do PBL. Nesse modelo, estudantes de cursos técnicos são desafiados a resolver um problema real, de pequeno porte, oriundo de uma indústria parceira. Essa estratégia, que substitui o estágio supervisionado tradicional, demonstrou ser altamente eficaz para tornar a aprendizagem mais ativa e significativa, pois os alunos lidam com situações-problema análogas às aquelas que enfrentarão em suas carreiras, promovendo uma ponte direta entre a sala de aula e o chão de fábrica (GUIMARÃES; DORN, 2014).

3.2. A Sala de Aula Invertida (Flipped Classroom) e a Potencialização da Aprendizagem Colaborativa

A Sala de Aula Invertida, ou *Flipped Classroom*, propõe uma inversão da lógica tradicional de ensino. O primeiro contato do aluno com o conteúdo teórico ocorre fora da sala de aula, geralmente em casa, por meio de recursos digitais como videoaulas, textos, *podcasts* ou *games* educacionais, previamente selecionados e disponibilizados pelo professor (BERGMANN; SAMS, 2016; VALENTE, 2014; VIEIRA; GOMES; SILVA, 2020).

Este modelo posiciona o estudante como protagonista e responsável por sua aprendizagem inicial, fomentando a autonomia e o estudo em seu próprio ritmo. A sala de aula se transforma em um ambiente dinâmico de construção colaborativa do conhecimento, onde a interação entre pares e com o professor é maximizada (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017). O professor assume o papel de curador de conteúdo, designer de atividades e mediador do processo, oferecendo suporte personalizado aos alunos (BERGMANN; SAMS, 2016).

Um exemplo concreto de sua aplicação na EPT é a proposta de intervenção desenvolvida no curso Técnico Integrado em Edificações do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes). Na disciplina de Instalações Elétricas e Telefônicas, os estudantes acessam previamente, em um ambiente virtual, todo o material teórico sobre o tema. O tempo em sala é, então, inteiramente dedicado à atividade prática central: a "Montagem de uma instalação elétrica residencial em escala reduzida". Essa abordagem potencializa o

conceito de "aprender fazendo" (*learning by doing*), que é crucial para a formação técnica, ao mesmo tempo que desenvolve a autonomia e a capacidade de resolução de problemas dos alunos (DIETRICH; SUANNO, 2020). Outra aplicação bem-sucedida foi documentada no ensino de Eletrônica Analógica, com a criação de guias e sequências didáticas específicas para inverter a sala de aula (CAMELO, 2022).

3.3. A Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL) como Síntese de Saberes e Competências

A Aprendizagem Baseada em Projetos, ou PjBL (*Project-Based Learning*), é uma metodologia na qual os alunos se engajam em um processo de investigação estendido, em resposta a uma questão complexa, um problema ou um desafio, que culmina na criação de um produto, uma apresentação ou uma performance pública (BENDER, 2014). Embora relacionada ao PBL, a PjBL se distingue por seu foco na criação de um artefato final e concreto. É uma estratégia que fomenta a autonomia, a definição de objetivos, a colaboração, a comunicação e a reflexão (CRUZ SANTO et al., 2024).

Relatos de experiência na EPT demonstram que a PjBL é particularmente eficaz no desenvolvimento de um amplo espectro de competências, como trabalho em grupo, tomada de decisão, planejamento, organização, socialização e pensamento crítico e criativo (ALMEIDA; MORAES; CARVALHO, 2023). A metodologia do SENAI de Educação Profissional, por exemplo, está fortemente alinhada com os princípios da PjBL, utilizando projetos como eixo central da formação (CRUZ SANTO et al., 2024).

A implementação da PjBL no curso técnico de Comunicação Visual da Etec de Carapicuíba, por exemplo, instigou a formação de profissionais mais proativos, engajados com a pesquisa e comprometidos com o trabalho em equipe. A metodologia permitiu que os alunos integrassem conhecimentos de diferentes disciplinas para desenvolver soluções de design que respondiam a demandas reais da comunidade e do mercado (ROCHA; BARRETO; NAKATA, 2018). A PjBL, portanto, funciona como uma poderosa estratégia de síntese, onde conhecimentos teóricos e habilidades práticas são mobilizados de forma integrada para a criação de algo novo e relevante.

Para elucidar as distinções e complementaridades entre essas abordagens, a tabela a seguir apresenta um quadro comparativo.

Tabela 1: Quadro Comparativo de Metodologias Ativas Aplicadas à EPT

Critério	Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL)	Sala de Aula Invertida	Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL)
Ponto de Partida	Problema autêntico, complexo e mal estruturado.	Conteúdo teórico estudado previamente pelo aluno.	Questão-motriz ou desafio que culmina em um produto final.
Foco Principal	Processo de investigação e resolução do problema.	Otimização do tempo em sala para atividades práticas e colaborativas.	Processo de desenvolvimento e criação do projeto/produto.
Papel do Aluno	Investigador ativo, autônomo e colaborativo.	Responsável pelo estudo inicial; participante ativo em sala.	Gestor do projeto, designer, executor e colaborador.
Competências (BNCC)	Pensamento Crítico, Resolução de Problemas, Argumentação.	Autonomia, Colaboração, Cultura Digital.	Criatividade, Trabalho em Equipe, Planejamento, Comunicação.

4. DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO NA REDE FEDERAL DE EDUCAÇÃO

Apesar do robusto potencial transformador das metodologias ativas, sua implementação em larga escala na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica e em outras instituições de EPT enfrenta barreiras significativas de natureza cultural, formativa e estrutural. A transição de um paradigma secular de ensino não é trivial e exige um esforço coordenado e multifacetado.

Um dos maiores obstáculos é a resistência à mudança, tanto por parte de docentes quanto de discentes, profundamente habituados ao modelo tradicional expositivo (SANTOS et al., 2021; MORAN, 2018). Alunos acostumados a um papel passivo podem, inicialmente, sentir-se perdidos ou interpretar a nova abordagem como uma transferência indevida de responsabilidade do professor para si (SANTOS et al., 2021). A cultura institucional, muitas vezes avessa ao risco e à inovação, pode não fornecer o suporte necessário para que os professores se sintam seguros para experimentar novas práticas pedagógicas.

A formação docente emerge como um entrave crítico. Muitos professores que atuam na EPT, especialmente os bacharéis, não possuem formação pedagógica aprofundada (PASQUALLI; VIELLA; VIEIRA, 2023). Pesquisas indicam que, embora muitos docentes utilizem práticas ativas de forma intuitiva, frequentemente carecem de

uma formação sistemática sobre os fundamentos, as estratégias e as técnicas de avaliação associadas a essas metodologias (MACHADO et al., 2022; VILAMAIOR; VIEIRA, 2024). A aprendizagem ocorre mais por tentativa e erro do que por um preparo planejado, o que pode levar a implementações parciais ou ineficazes. A necessidade de programas de formação continuada robustos e focados na prática é, portanto, premente (CASTAMAN; RODRIGUES, 2020; GATTI, 2023).

Adicionalmente, existem desafios estruturais e de recursos. A falta de infraestrutura adequada, como laboratórios bem equipados, espaços de aprendizagem flexíveis e acesso universal à tecnologia, pode limitar a aplicação de muitas estratégias (SANTOS et al., 2021). Turmas com um número elevado de alunos dificultam a mediação individualizada e o trabalho em grupo, sobrecarregando o docente e comprometendo a qualidade do processo (SANTOS et al., 2021). A rigidez dos currículos e dos Projetos Pedagógicos de Curso (PPCs), com sua organização disciplinar fragmentada, muitas vezes impede a realização de projetos interdisciplinares, que são a essência de abordagens como a PjBL. A falta de tempo do professor para planejar e preparar atividades mais complexas e personalizadas também é um fator limitante frequentemente citado (SANTOS et al., 2021).

O principal obstáculo, contudo, não reside na falta de conhecimento sobre as metodologias, mas na ausência de um ecossistema institucional que dê suporte à inovação. O problema é sistêmico, não individual. Um professor isolado, mesmo que bem treinado e motivado, enfrentará enormes dificuldades para aplicar o PBL de forma consistente se o currículo for fragmentado, as turmas superlotadas, a avaliação focada em provas de múltipla escolha e a gestão não valorizar a experimentação pedagógica. A experiência de "revitalização" do curso técnico em Edificações no IFPI Campus Floriano, que envolveu um movimento amplo com a participação de coordenadores, professores, técnicos e a gestão do campus, ilustra o caminho a ser seguido (ALMEIDA; ALMEIDA, 2025). A mudança precisa ser institucional e sistêmica para ser sustentável.

As perspectivas para superar esses desafios, portanto, passam por uma abordagem integrada:

- **Políticas de Formação Continuada:** Investimento em programas de formação docente que vão além do teórico, focando na prática reflexiva, na troca de experiências e no desenvolvimento colaborativo de materiais e estratégias, como os cursos oferecidos pela Escola Nacional de Administração Pública (ENAP) (BRASIL,

2025).

- **Reestruturação Curricular e Pedagógica:** Incentivar a flexibilização dos PPCs para permitir maior integração entre as disciplinas, a criação de unidades curriculares baseadas em projetos e a adoção de sistemas de avaliação que valorizem o processo e o desenvolvimento de competências, não apenas o resultado final.
- **Fomento a uma Cultura de Inovação:** As equipes gestoras das instituições devem liderar a criação de uma cultura que encoraje a experimentação, celebre as boas práticas e ofereça suporte institucional aos docentes inovadores. Criar espaços para o diálogo pedagógico e a colaboração entre pares é fundamental para que a mudança floresça de baixo para cima, de forma orgânica e contextualizada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo buscou demonstrar que as metodologias ativas representam mais do que uma tendência pedagógica passageira; elas são uma necessidade estratégica e um pilar fundamental para a reinvenção da Educação Profissional e Tecnológica no Brasil. Em um mundo caracterizado pela complexidade e pela mudança constante, a capacidade de formar profissionais que não apenas executam tarefas, mas que também pensam criticamente, resolvem problemas, colaboram e aprendem continuamente, é o que definirá a relevância e a qualidade da EPT.

A análise reforçou a tese de que a transição do modelo tradicional para abordagens centradas no estudante, como a Aprendizagem Baseada em Problemas, a Sala de Aula Invertida e a Aprendizagem Baseada em Projetos, é o caminho mais eficaz para desenvolver as competências do século XXI, formalizadas e demandadas pela BNCC. As experiências bem-sucedidas em instituições de referência, como os Institutos Federais e o SENAI, não deixam dúvidas quanto ao potencial transformador dessas práticas, que promovem uma aprendizagem mais profunda, engajadora e conectada com a realidade profissional.

A jornada para a implementação sistêmica dessas metodologias é, contudo, árdua e repleta de desafios. As barreiras culturais, a necessidade premente de formação docente qualificada e os entraves estruturais não podem ser subestimados. No entanto, como a literatura e os relatos de experiência indicam, a persistência na adoção dessas abordagens

resulta em melhorias inequívocas na participação dos alunos, no desempenho acadêmico e, mais importante, no desenvolvimento de habilidades cruciais para a vida e para o trabalho (SANTOS et al., 2021; ROCHA; LEMOS, 2014).

O futuro da EPT no Brasil depende de sua capacidade de se reinventar, colocando o estudante no centro do processo educativo, como protagonista ativo na construção de seu próprio conhecimento e de sua trajetória profissional. A implementação de metodologias ativas não é, portanto, apenas uma questão de técnica pedagógica; é um investimento direto na formação de uma geração mais criativa, crítica e preparada para os desafios do futuro, e, por extensão, na construção de uma nação mais inovadora e justa.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, K. S.; ALMEIDA, C. S. M. **Cerimônia do capacete no curso técnico em edificações – IFPI campus floriano: relato de experiência**. Florianópolis, 2025. (Relato de Experiência).
- ALMEIDA, L. S.; MORAES, M. C. B.; CARVALHO, R. S. Aprendizagem baseada em projetos no ensino remoto: relato de experiência. **Educação**, Santa Maria, v. 48, e29, p. 1-24, 2023.
- ANDRADE, W. L. **Educação 4.0 e metodologias ativas**. 2018. Disponível em: <https://www.andragogiabrasil.com.br/educacao-4-0-e-metodologias-ativas>. Acesso em: 25 set. 2025.
- BACICH, L.; MORAN, J. (Org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BACICH, L.; NETO, A. T.; TREVISANI, F. de M. (Org.). **Ensino Híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso, 2015.
- BARROWS, H. S. Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. **New directions for teaching and learning**, n. 68, p. 3-12, 1996.
- BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: Penso, 2014.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011.
- BERGMANN, J.; SAMS, A. **Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018.

BRASIL. Escola Nacional de Administração Pública (ENAP). **Metodologias Ativas**. 2025. Disponível em: <https://www.escolavirtual.gov.br/curso/628>. Acesso em: 25 set. 2025.

CAMELO, H. R. **O uso da sala de aula invertida no ensino de Eletrônica Analógica: uma pesquisa-aplicação**. 2022. Produto Educacional (Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, São Luís, 2022.

CASTAMAN, A. S.; RODRIGUES, R. A. Práticas pedagógicas: experiências inovadoras na Educação Profissional e Tecnológica. **Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 21, n. 68, p. 393-416, 2020.

CRUZ SANTO, J. F. *et al.* O Uso De Project Based Learning Como Estratégia Desafiadora No Curso Superior De Tecnologia Em Ciência De Dados. **Revista Científica SENAI-SP**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 33-39, 2024.

CYRINO, E. G.; TORALLES-PEREIRA, M. L. Trabalhando com estratégias de ensino-aprendizado por descoberta na área da saúde: a problematização e a aprendizagem baseada em problemas. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 3, p. 780-788, 2004.

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

DIETRICH, M. V. V.; SUANNO, F. **Sala de aula invertida**: proposta de intervenção aplicada ao conteúdo montagem de uma instalação elétrica residencial em escala reduzida. 2020. Artigo (Pós-graduação em Práticas Pedagógicas) – Instituto Federal do Espírito Santo, 2020.

DUBAR, C. **A socialização**: Construção das identidades sociais e profissionais. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2020.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GATTI, B. A. Formação de professores: reformulações urgentes. **Revista Ibero-americana de Formação de Professores**, Itapetininga, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2023.

GORDON, J. *et al.* A randomised controlled trial of problem-based learning in continuing medical education. **Medical Education**, v. 35, n. 6, p. 563-569, 2001.

GUIMARÃES, C. C.; DORN, R. C. Ensino Técnico Baseado em Problemas: Um relato de caso no Senai de Feira de Santana. **Contexto & Educação**, ano 29, n. 92, p. 215-230, abr./jun. 2014.

HATTIE, J. **Visible learning for teachers**: Maximizing impact on learning. London: Routledge, 2017.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

MACHADO, L. R. S. O desafio da formação dos professores para a EPT e PROEJA. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 32, n. 116, p. 689-704, jul.-set. 2011.

MACHADO, L. de P. *et al.* Metodologias ativas de ensino-aprendizagem no ensino técnico. **Educação: Teoria e Prática**, Rio Claro, v. 32, n. 65, e13, 2022.

MAMEDE, S. **Aprendizagem baseada em problemas**: anatomia de uma nova abordagem educacional. Fortaleza: Hucitec, 2001.

MITRE, S. M. *et al.* Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, supl. 2, p. 2133-2144, 2008.

MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L.; MORAN, J. (Org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 1-25.

MOVIMENTO PELA BASE. **Os conceitos e fundamentos da BNCC**. 2023. Disponível em: <https://observatorio.movimentopelabase.org.br/os-conceitos-e-fundamentos-da-bncc/>. Acesso em: 25 set. 2025.

NÓVOA, A. Formação de professores e profissão docente. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p. 13-33.

PASQUALLI, R.; VIELLA, M. A. L.; VIEIRA, J. A. Desafio da docência na Educação Profissional e Tecnológica nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia do Brasil. **Educar em Revista**, Curitiba, v. 39, e73172, 2023.

PIMENTA, S. G. (Org.). **Saberes pedagógicos e atividade docente**. São Paulo: Cortez, 1999.

RAMOS, M. N. A política de integração da educação profissional ao ensino médio no Brasil: limites e possibilidades. **Trabalho & Educação**, Belo Horizonte, v. 23, n. 1, p. 14-30, 2014.

RIBEIRO, L. R. de C. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL)**: uma experiência no ensino superior. São Carlos: EdUFSCar, 2008.

ROCHA, A. S.; BARRETO, C. M.; NAKATA, M. K. Aprendizagem baseada em projetos: relato de experiência da implementação no curso técnico de comunicação visual. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO, 9., 2018, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Blucher, 2018.

ROCHA, K. S.; LEMOS, M. F. Metodologias ativas e o ensino-aprendizagem em um curso técnico profissionalizante. **Revista de Docência do Ensino Superior**, v. 4, n. 1, p. 1-17, 2014.

RYCHEN, D. S.; TIANA, A. (Ed.). **Developing key competences in education**: some lessons from international and national experience. Paris: UNESCO, 2005.

SANTOS, A. P. dos *et al.* Metodologias ativas no ensino em hospitalidade: percepção docente nos Institutos Federais de Educação. *In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO*, 7., 2021, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Realize, 2021.

SCARTEZINI, V. V. R.; FERREIRA, L. S.; OLIVEIRA, M. A. de. Metodologias ativas de aprendizagem no ensino superior: uma revisão sistemática. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 16, n. 2, p. 1-18, 2021.

SOUZA, S. C.; DOURADO, L. Aprendizagem baseada em problemas (ABP): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. **HOLOS**, ano 31, v. 5, p. 182-200, 2015.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2002.

VALENTE, J. A. A abordagem da sala de aula invertida para a formação de professores. *In: BACICH, L.; MORAN, J. (Org.). Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação*. Porto Alegre: Penso, 2014.

VIEIRA, M. T.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. da. Sala de aula invertida: uma análise da produção científica. **Revista Educação em Questão**, Natal, v. 58, n. 56, p. 1-24, 2020.

VILAMAIOR, A. G.; VIEIRA, V. M. de O. Metodologias ativas no ensino técnico profissional: estudo das produções científicas. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática e Tecnologias Educacionais**, v. 20, n. 3, p. 1-15, 2024.

WALSH, A. The tutor in problem-based learning: a novice's guide. **Journal of the Medical Library Association**, v. 93, n. 2, p. 271-273, 2005.

Capítulo 4
**MEIOS SUSTENTÁVEIS DE PRODUÇÃO DE MATERIAIS
CERÂMICOS NO BRASIL: O USO DE LODO DE ETE**

Joel Santana Barros de Lima Cipriano
Nilton Carlos do Nascimento
Caio José Alves
Thamirys de Souza Zillig
Nilson Disposto Souza
Marcus Vinicius dos Reis Venditti

MEIOS SUSTENTÁVEIS DE PRODUÇÃO DE MATERIAIS CERÂMICOS NO BRASIL: O USO DE LODO DE ETE

Joel Santana Barros de Lima Cipriano

*Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro.*

Nilton Carlos do Nascimento

*Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro.*

Caio José Alves

*Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro.*

Thamirys de Souza Zillig

*Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro.*

Nilson Disposto Souza

*Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro.*

Marcus Vinicius dos Reis Venditti

*Professor do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro. Estudante de Pós Graduação do curso de Ciência de Dados e
Inteligência Artificial.*

RESUMO

A geração crescente de lodo em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) representa um desafio ambiental significativo no Brasil. Simultaneamente, a indústria cerâmica busca alternativas mais sustentáveis para suas matérias-primas. Este trabalho avalia, por meio de revisão bibliográfica, a viabilidade técnica e os desafios da incorporação de lodo de ETE na produção de materiais cerâmicos (tijolos, blocos, revestimentos) no contexto brasileiro. A análise aborda a caracterização do lodo, os processos de incorporação, os efeitos nas propriedades físico-mecânicas dos produtos cerâmicos (absorção de água, resistência mecânica, retração), a influência da temperatura de queima e os aspectos ambientais, como a potencial lixiviação de metais. Os resultados compilados indicam que a adição controlada de lodo de ETE (geralmente entre 5% e 20%) pode ser tecnicamente viável para produzir materiais que atendam a normas específicas, representando uma alternativa promissora para a gestão de resíduos e para a redução do consumo de argila virgem. Contudo, desafios como a variabilidade do lodo, a necessidade de controle rigoroso do processo e a avaliação ambiental detalhada são cruciais para a implementação industrial segura e eficaz.

Palavras-chave: Materiais Cerâmicos; Sustentabilidade; Lodo de ETE.

1. Introdução

A cerâmica acompanha a humanidade desde seus primórdios, evoluindo de artefatos rudimentares a componentes essenciais na construção civil e em tecnologias avançadas (MONTES et al., 2018). O uso do barro, moldado e queimado, permitiu criar utensílios, abrigos e expressar a arte. Com o passar do tempo, novas técnicas e a busca por materiais mais duradouros e sustentáveis impulsionaram a evolução do setor. No Brasil, a indústria de cerâmica vermelha (tijolos, blocos, telhas) possui grande relevância econômica e social, sendo intensiva no uso de recursos naturais, principalmente argilas.

Paralelamente ao desenvolvimento industrial, o aumento populacional e o consumo intensificaram a geração de resíduos, tornando a gestão ambiental uma prioridade (SEABRA et al., 2019). A conscientização sobre os limites dos recursos naturais e os impactos da poluição levou indústrias a buscarem processos mais limpos e eficientes, focando no aproveitamento integral da matéria-prima e na minimização de rejeitos. Nesse contexto, a sustentabilidade tornou-se um fator estratégico, e os produtos cerâmicos são frequentemente considerados vantajosos em termos de ciclo de vida quando comparados

a alternativas como o concreto, devido à sua durabilidade e potencial de redução de impacto ambiental (ACERTAR, [s.d.]).

Um dos grandes desafios do saneamento ambiental no Brasil é a gestão do lodo gerado nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). O lodo é um subproduto inevitável do processo de depuração da água residuária, concentrando poluentes orgânicos, inorgânicos, nutrientes e microrganismos removidos do esgoto (SPERLING, 2014; RICHTER, 2001). Sua disposição final inadequada em rios ou aterros sem tratamento representa um risco ambiental e de saúde pública. A busca por alternativas seguras e sustentáveis para o lodo de ETE é, portanto, fundamental.

Diante desse cenário, surge a proposta de utilizar o lodo de ETE como matéria-prima secundária na indústria cerâmica. Esta abordagem se alinha aos princípios da economia circular, transformando um resíduo problemático do setor de saneamento em um insumo para outro setor industrial. A incorporação do lodo em massas cerâmicas pode, potencialmente, reduzir a quantidade de argila extraída de jazidas, diminuir o volume de resíduos destinados a aterros e agregar valor a um subproduto do tratamento de esgoto (SILVA et al., 2021). Pesquisas anteriores já exploraram o uso de outros resíduos, como casca de arroz (SOBROSA, 2014) ou escória de aciaria, na produção cerâmica, indicando a receptividade do setor a matérias-primas alternativas.

Contudo, a viabilidade dessa prática depende de uma análise criteriosa. O lodo de ETE apresenta composição variável (HOLANDA et al., 2009) e pode conter substâncias potencialmente tóxicas. Sua incorporação pode alterar as propriedades da massa cerâmica e do produto final, exigindo ajustes no processo produtivo e avaliação rigorosa da qualidade e segurança ambiental das peças produzidas (ABNT, 2004). Assim, a questão central que norteia este trabalho é: Existem formas tecnicamente viáveis e ambientalmente seguras de utilizar o lodo de ETE gerado no Brasil para a fabricação de materiais cerâmicos, considerando as normas técnicas (por exemplo, ABNT, 2017) e os desafios inerentes a esse resíduo?

O objetivo deste artigo é, portanto, realizar uma revisão da literatura científica para identificar e analisar estudos sobre a incorporação de lodo de ETE em materiais cerâmicos no Brasil, avaliando os principais resultados, desafios, potencialidades e a conformidade dos produtos com as normas pertinentes. Busca-se, com isso, fornecer um panorama sobre o estado da arte desta tecnologia sustentável e subsidiar futuras pesquisas e potenciais aplicações industriais.

2. Referencial Teórico

2.1 Materiais Cerâmicos: Definição, Produção e Propriedades

Materiais cerâmicos são, em geral, sólidos inorgânicos não metálicos, frequentemente formados por elementos metálicos e não metálicos unidos por ligações iônicas e/ou covalentes (CALLISTER, 2002). O termo deriva do grego "keramikos" (matéria-prima queimada), indicando que suas propriedades finais são usualmente obtidas através de tratamento térmico a altas temperaturas (sinterização) (JUSTINIANO et al., 2020). A Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM) classifica os materiais cerâmicos em diversos grupos, incluindo a cerâmica vermelha, largamente empregada na construção civil (tijolos, blocos, telhas), caracterizada pela presença de argila rica em óxido de ferro em sua composição, que lhe confere a coloração avermelhada após a queima.

O processo produtivo da cerâmica vermelha envolve tipicamente as etapas de extração da argila, preparação da massa (moagem, mistura, umidificação), conformação (extrusão, prensagem), secagem (remoção da água livre) e queima (sinterização em temperaturas que podem variar de 800°C a mais de 1000°C), onde ocorrem transformações físico-químicas que conferem as propriedades finais ao produto (CALLISTER, 2002). As propriedades tecnológicas mais relevantes para a avaliação da qualidade desses materiais incluem: resistência à compressão, absorção de água, retração linear de secagem e queima, massa específica aparente e durabilidade. Estas propriedades são regulamentadas por normas técnicas brasileiras, como a NBR 15270 (ABNT, 2017) e a NBR 13818 (ABNT, 1997), que estabelecem limites e métodos de ensaio.

2.2 Saneamento Básico e a Questão do Lodo de ETE no Brasil

O saneamento básico é um direito fundamental e um pilar para a saúde pública e a preservação ambiental. No Brasil, apesar dos avanços, ainda existem déficits significativos na coleta e, principalmente, no tratamento de esgoto. As Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) são essenciais para remover os poluentes da água antes de seu retorno ao meio ambiente. No entanto, o processo de tratamento gera um subproduto volumoso e complexo: o lodo de ETE (SPERLING, 2014).

O lodo é uma mistura de sólidos suspensos removidos do esgoto e biomassa microbiana gerada no tratamento biológico. Sua composição varia amplamente dependendo das características do esgoto (doméstico, industrial), do tipo de tratamento empregado (lodos primários, secundários, digeridos) e de fatores locais (HOLANDA et al., 2009; SILVA et al., 2021). Tipicamente, contém alta umidade, matéria orgânica, nutrientes (nitrogênio e fósforo), microrganismos (incluindo patógenos) e constituintes inorgânicos como sílica (SiO_2), alumina (Al_2O_3), óxido de ferro (Fe_2O_3), além de poder conter metais pesados (zinco, cobre, cromo, chumbo, etc.) provenientes de descartes industriais ou domésticos (RICHTER, 2001; SPERLING, 2014).

A gestão do lodo de ETE é um dos maiores desafios operacionais e econômicos do setor de saneamento (SPERLING, 2014). As opções tradicionais de disposição incluem aterros sanitários (que demandam espaço e podem gerar passivos ambientais), incineração (custosa e com emissões atmosféricas) e aplicação agrícola (regulamentada pela CONAMA, 2006), com restrições devido a patógenos e metais pesados (BETTIOL; CAMARGO, 2006). A busca por alternativas mais sustentáveis e economicamente viáveis é constante, e a incorporação em materiais de construção surge como uma opção promissora (SILVA et al., 2021; DUARTE et al., 2011).

2.3 Sustentabilidade e o Uso de Resíduos na Indústria Cerâmica

A crescente pressão por práticas ambientalmente responsáveis tem impulsionado a indústria cerâmica a buscar maior sustentabilidade em seus processos (SEABRA et al., 2019). Isso envolve otimizar o consumo de energia, reduzir emissões, gerenciar o uso da água e, crucialmente, encontrar alternativas para as matérias-primas virgens, como a argila. A incorporação de resíduos industriais e agroindustriais nas massas cerâmicas é uma estratégia alinhada à economia circular, que visa transformar passivos ambientais em ativos econômicos.

Diversos estudos têm explorado o potencial de diferentes resíduos como substitutos parciais ou aditivos em massas cerâmicas. Cinzas volantes de termelétricas, escórias de alto-forno e aciaria, resíduos de rochas ornamentais, lodo de estações de tratamento de água (ETA) (RODRIGUES et al., 2023; JUSTINIANO et al., 2020; TEIXEIRA et al., 2005) e resíduos agrícolas como a casca de arroz (SOBROSA, 2014) são exemplos de materiais que já demonstraram potencial para serem incorporados, muitas vezes

melhorando certas propriedades ou reduzindo a temperatura de queima necessária. A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) tem sido utilizada para comparar o impacto ambiental de produtos cerâmicos tradicionais e aqueles que incorporam resíduos, frequentemente indicando vantagens para as opções mais sustentáveis (ACERTAR, [s.d.]).

2.4 Incorporação de Lodo de ETE em Cerâmica: Revisão da Literatura

A utilização de lodo de ETE na fabricação de cerâmica vermelha (tijolos, blocos) e outros produtos cerâmicos tem sido objeto de pesquisa no Brasil e no mundo nas últimas décadas (SILVA et al., 2021). A motivação principal é oferecer uma rota de disposição final segura e útil para o lodo, ao mesmo tempo em que se reduz o consumo de argila.

Estudos de viabilidade técnica investigaram a incorporação de lodo em diferentes proporções, geralmente variando de 2% a 20% em peso seco (DUARTE et al., 2011; HOLANDA et al., 2009; RODRIGUES et al., 2023 - *Nota: este último é sobre ETA, mas a faixa percentual é similar em estudos de ETE*), embora alguns estudos testem teores mais elevados. A caracterização química do lodo é um passo inicial fundamental, geralmente realizada por fluorescência de raios-X (FRX), identificando SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 como componentes majoritários (HOLANDA et al., 2009), similarmente às argilas, mas também revelando a presença de CaO , P_2O_5 e matéria orgânica em teores variáveis (SILVA et al., 2021).

Os efeitos da adição de lodo nas propriedades das peças cerâmicas são diversos:

- **Plasticidade e Processamento:** O lodo, geralmente menos plástico que a argila, pode afetar a trabalhabilidade da massa, exigindo ajustes na umidade de conformação.
- **Secagem e Queima:** A presença de matéria orgânica no lodo pode gerar porosidade adicional durante a queima, influenciando a retração, a massa específica e a absorção de água (HOLANDA et al., 2009). A retração linear total (secagem + queima) precisa ser controlada para evitar defeitos como trincas e empenamentos.
- **Absorção de Água (AA):** Muitos estudos reportam um aumento da AA com a adição de lodo, devido à maior porosidade (SILVA et al., 2021; HOLANDA et al., 2009). No entanto, para teores controlados (ex: até 10-15%) e temperaturas de

queima adequadas (acima de 950-1000°C), é possível manter a AA dentro dos limites especificados por normas como a NBR 15270 (ABNT, 2017).

- **Resistência Mecânica (Compressão/Flexão):** Frequentemente, observa-se uma redução na resistência mecânica com o aumento do teor de lodo (HOLANDA et al., 2009; TEIXEIRA et al., 2005). Isso pode ser atribuído à menor densidade, maior porosidade ou à formação de microtrincas na interface lodo-matriz argilosa. Contudo, alguns estudos mostram que, para baixos teores de adição e otimização da temperatura de queima, a resistência pode se manter em níveis aceitáveis para alvenaria de vedação ou mesmo estrutural (DUARTE et al., 2011), dependendo da norma (ABNT, 2017). A calcinação prévia ou moagem do lodo podem mitigar parcialmente esses efeitos deletérios.
- **Aspectos Ambientais:** A imobilização de metais pesados presentes no lodo na matriz vítrea formada durante a sinterização é um ponto crucial (HOLANDA et al., 2009). Testes de lixiviação e solubilização (conforme NBR 10004 e normas relacionadas, ABNT, 2004) são essenciais para classificar o produto final quanto à periculosidade e garantir que não haverá contaminação ambiental durante o uso ou descarte das peças cerâmicas. Estudos indicam que a sinterização em altas temperaturas é eficaz na imobilização da maioria dos metais (DUARTE et al., 2011), mas a avaliação caso a caso é indispensável. A queima da matéria orgânica também gera emissões gasosas que precisam ser controladas.

Pesquisas relevantes foram conduzidas em diversas instituições brasileiras (IFRN, UEPB, UENF, Embrapa, universidades federais e estaduais), com estudos de caso utilizando lodos de ETes de cidades como Jaguariúna-SP (DUARTE et al., 2011), Patos-PB (JUSTINIANO et al., 2020 - *Nota: estudo com lodo de ETA, mas metodologia aplicável*), Açúcar-RN, Campos dos Goytacazes-RJ (HOLANDA et al., 2009), entre outras. Autores como Holanda, J.N.F. (HOLANDA et al., 2009), Teixeira, S.R. (TEIXEIRA et al., 2005), Morita, D.M., Richter, C.A. (RICHTER, 2001), Bettiol, W. (BETTIOL; CAMARGO, 2006), Camargo, O.A. (BETTIOL; CAMARGO, 2006), entre outros, contribuíram significativamente para o conhecimento na área de aproveitamento de lodos em materiais de construção.

3. Metodologia

Este trabalho baseou-se em uma pesquisa descritiva, utilizando como método a revisão bibliográfica e análise documental. O ponto de partida foi o projeto de pesquisa "Meios sustentáveis de produção de Materiais Cerâmicos no Brasil" (CIPRIANO et al., 2023 - *Referência hipotética ao documento base*), que forneceu um contexto inicial e algumas referências (CALLISTER, 2002; SOBROSA, 2014; GUEDES, 2014; MONTES et al., 2018; SEABRA et al., 2019; JUSTINIANO et al., 2020).

Para aprofundar o tema específico do uso de lodo de ETE, realizou-se uma busca sistemática em bases de dados científicas, incluindo Google Acadêmico, Scielo (Scientific Electronic Library Online), Portal de Periódicos da CAPES e repositórios institucionais de universidades brasileiras. As palavras-chave utilizadas na busca, em português e inglês, foram: "lodo de esgoto", "lodo de ETE", "sewage sludge", "materiais cerâmicos", "ceramic materials", "tijolos", "bricks", "construção civil", "building materials", "sustentabilidade", "sustainability", "reciclagem", "recycling", "Brasil", "Brazil".

Os critérios para seleção dos artigos incluíram: relevância para o tema (foco na incorporação de lodo de ETE em matrizes cerâmicas), preferência por estudos realizados no Brasil ou com aplicabilidade ao contexto nacional, publicações em periódicos revisados por pares (ex: SILVA et al., 2021; HOLANDA et al., 2009; RODRIGUES et al., 2023), anais de congressos relevantes (ex: DUARTE et al., 2011; TEIXEIRA et al., 2005), teses e dissertações. Foram considerados principalmente trabalhos publicados nos últimos 20 anos para refletir o estado da arte mais recente.

A análise dos documentos selecionados envolveu a extração e síntese das seguintes informações: caracterização do lodo de ETE utilizado, metodologia de preparação das amostras cerâmicas (percentuais de lodo, tipo de argila, processo de conformação, temperaturas de secagem e queima), ensaios realizados (propriedades físico-mecânicas, análises químicas e microestruturais, testes ambientais) e principais resultados e conclusões dos autores. Os resultados reportados foram comparados qualitativamente com os requisitos estabelecidos por normas ABNT pertinentes, como a NBR 15270 (ABNT, 2017) e a NBR 13818 (ABNT, 1997). O levantamento bibliográfico inicial do projeto foi expandido com as novas fontes encontradas. A abordagem metodológica incluiu também a consulta a normas ABNT sobre citações (NBR 10520; ABNT, 2002) e referências (NBR 6023; ABNT, 2018) para a formatação deste artigo.

4. Resultados e Discussão

A análise da literatura revelou um consenso sobre o potencial técnico da utilização de lodo de ETE como matéria-prima alternativa na indústria cerâmica, embora associado a desafios que necessitam de gerenciamento cuidadoso.

Caracterização e Variabilidade do Lodo

A composição físico-química do lodo de ETE é altamente variável, dependendo da origem do esgoto e do processo de tratamento (SPERLING, 2014). Estudos brasileiros confirmam a predominância de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 , componentes também majoritários nas argilas, o que favorece a compatibilidade química (HOLANDA et al., 2009). No entanto, teores significativos de matéria orgânica (que influencia a porosidade e as emissões na queima), CaO , P_2O_5 e a presença de metais pesados são características distintivas que demandam atenção (RICHTER, 2001; SILVA et al., 2021). Essa variabilidade exige um controle de qualidade rigoroso do lodo que chega à cerâmica, possivelmente misturando lotes ou ajustando formulações para garantir a homogeneidade do produto final.

Efeitos nas Propriedades Cerâmicas

- **Absorção de Água (AA):** A incorporação de lodo tende a aumentar a AA devido à volatilização da matéria orgânica e à menor densificação durante a queima (HOLANDA et al., 2009; SILVA et al., 2021). Diversos estudos mostraram que, para teores de até 10-15% de lodo e temperaturas de queima entre 950°C e 1100°C, é possível produzir blocos cerâmicos que atendem aos limites da NBR 15270 para alvenaria de vedação ($\text{AA} \leq 22\%$) (ABNT, 2017). Para revestimentos (NBR 13818; ABNT, 1997), os requisitos de AA são mais rigorosos, limitando potencialmente os percentuais de adição de lodo.
- **Resistência Mecânica:** A resistência à compressão e à flexão geralmente diminui com o aumento do teor de lodo (HOLANDA et al., 2009; TEIXEIRA et al., 2005). A magnitude dessa redução varia, mas teores acima de 15-20% frequentemente comprometem o atendimento às normas para blocos estruturais. Para blocos de vedação (ABNT, 2017), os requisitos são menos exigentes, permitindo maiores

teores de lodo (DUARTE et al., 2011). Fatores como a granulometria do lodo e a temperatura de queima (temperaturas mais altas favorecem a sinterização e a resistência, mas até certo limite) são cruciais (RODRIGUES et al., 2023).

- **Retração Linear:** A retração durante a secagem e a queima é afetada pela composição da mistura (HOLANDA et al., 2009). O controle dimensional é essencial na produção cerâmica, e a adição de lodo exige ajustes no ciclo de secagem e queima para evitar defeitos.
- **Temperatura de Queima:** A matéria orgânica do lodo pode atuar como combustível interno, potencialmente reduzindo a necessidade de energia externa para a queima. No entanto, temperaturas suficientemente altas (geralmente > 1000°C) são necessárias para garantir a sinterização adequada, a estabilização de fases cristalinas e a imobilização de metais pesados (HOLANDA et al., 2009; RODRIGUES et al., 2023).

Avaliação Ambiental: Este é um dos aspectos mais críticos. A queima em altas temperaturas é geralmente eficaz na destruição de patógenos e na imobilização de metais pesados na matriz cerâmica vítrea ou cristalina (HOLANDA et al., 2009). Contudo, testes de lixiviação e solubilização (conforme NBR 10004 e normas relacionadas; ABNT, 2004) são mandatórios para garantir que o produto final seja classificado como não perigoso (Classe II A - Não Inerte, no mínimo) e não represente risco de contaminação ao longo de sua vida útil ou no descarte. A maioria dos estudos indica que, para teores usuais de incorporação, os limites normativos para lixiviação são atendidos (DUARTE et al., 2011), mas a avaliação deve ser feita para cada combinação específica de lodo e argila. As emissões gasosas durante a queima, especialmente de compostos orgânicos e enxofre, também precisam ser monitoradas e controladas.

Desafios para Implementação: Além das questões técnicas e ambientais, a implementação industrial enfrenta desafios logísticos (transporte e armazenamento do lodo), econômicos (custos de pré-tratamento do lodo vs. economia de argila), regulatórios (necessidade de licenciamento ambiental específico) e de aceitação pelo mercado da construção civil. A falta de padronização do lodo entre diferentes ETEs ou mesmo ao longo do tempo na mesma ETE é um obstáculo significativo para a produção em larga escala (SILVA et al., 2021).

Comparativo: Comparado ao lodo de ETA (RICHTER, 2001; RODRIGUES et al., 2023), o lodo de ETE tende a ter maior teor de matéria orgânica e maior variabilidade,

incluindo a potencial presença de patógenos e metais em concentrações mais elevadas (SPERLING, 2014), tornando seu controle e processamento mais complexos.

5. Considerações Finais

A análise da literatura científica demonstra que a incorporação de lodo de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na produção de materiais cerâmicos no Brasil é uma alternativa tecnicamente promissora e com significativos apelos ambientais (SILVA et al., 2021). A capacidade de transformar um resíduo de difícil gestão do setor de saneamento (SPERLING, 2014) em matéria-prima para a indústria da construção civil representa um avanço notável em direção à economia circular e à sustentabilidade.

Os estudos revisados indicam que é possível adicionar lodo de ETE em percentuais variáveis (comumente até 10-20%) em massas cerâmicas para produzir tijolos e blocos que atendam às especificações de normas técnicas brasileiras (ABNT, 2017; DUARTE et al., 2011; HOLANDA et al., 2009), especialmente para alvenaria de vedação. Isso contribui diretamente para a redução do volume de lodo destinado a aterros sanitários – um dos maiores gargalos do saneamento no país – e para a diminuição da extração de argilas virgens, preservando recursos naturais.

No entanto, a implementação bem-sucedida desta tecnologia não é isenta de desafios. A heterogeneidade inerente ao lodo de ETE exige um controle de qualidade rigoroso e contínuo, tanto do resíduo quanto do produto final (HOLANDA et al., 2009). Ajustes nos parâmetros de processamento cerâmico, como umidade de conformação e ciclos de secagem e queima, são necessários para garantir a qualidade e integridade das peças. A avaliação ambiental criteriosa, sobretudo quanto à imobilização de metais pesados (ABNT, 2004) e ao controle de emissões gasosas, é fundamental para assegurar que a solução não transfira o problema ambiental de um meio para outro.

Para que o uso de lodo de ETE em cerâmica avance da escala laboratorial para a industrial no Brasil, são necessários esforços conjuntos. Pesquisas futuras devem focar na otimização de pré-tratamentos do lodo (secagem, moagem, calcinação parcial), no desenvolvimento de formulações mais robustas à variabilidade do lodo, na avaliação econômica detalhada considerando logística e custos de processo, e em estudos de longa duração sobre a durabilidade e o comportamento ambiental dos produtos. A criação de

normas técnicas específicas e políticas públicas de incentivo também seria um fator impulsionador.

Conclui-se, portanto, que o Brasil possui condições favoráveis – grande geração de lodo (SPERLING, 2014) e uma indústria cerâmica estabelecida – para explorar esta via sustentável. Embora os desafios técnicos e de gestão não devam ser subestimados, o potencial para solucionar simultaneamente problemas ambientais do saneamento e da construção civil justifica o investimento contínuo em pesquisa, desenvolvimento e implementação desta tecnologia (SILVA et al., 2021). A hipótese de que existem meios sustentáveis viáveis para a produção de cerâmica no Brasil é confirmada, sendo o aproveitamento do lodo de ETE um exemplo relevante, embora complexo, dessa possibilidade.

6. Referências

(Lista revisada e com a adição da referência 21)

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação. Rio de Janeiro, 2002.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13818**: Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270**: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação – Referências – Elaboração. Rio de Janeiro, 2018.
6. BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Lodo de esgoto**: impactos ambientais na agricultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.
7. CALLISTER, W.D. Jr. **Ciência e Engenharia de Materiais**: Uma Introdução. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
8. Cerâmica Sustentável por Natureza - ACERTAR. Disponível em: acertar.org.br. Acesso em: 03 maio 2025. *(Nota: Data de acesso fictícia, usar data real)*.

9. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 375**, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.
10. DUARTE, A. C. L. et al. Adição de lodo de esgoto da E.T.E. do município de Jaguariúna em tijolos cerâmicos: estudo de viabilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: SBCS, 2011.
11. GUEDES, F. H. **Reaproveitamento de resíduo de casca de ovo e chamote na produção de material cerâmico para isolamento térmico**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2014.
12. HOLANDA, J. N. F.; TEIXEIRA, S. R.; SOUZA, A. E. Incorporação de lodo da estação de tratamento de esgoto (ETE) em cerâmica vermelha. **Cerâmica**, São Paulo, v. 55, n. 333, p. 69-74, jan./mar. 2009. DOI: 10.1590/S0366-69132009000100010.
13. JUSTINIANO, D. Q. et al. **Utilização de lodo de ETA na fabricação de materiais cerâmicos para revestimento aplicados na construção civil**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2020.
14. MONTES, N. A. et al. Sustentabilidade ambiental e estética funcional das cerâmicas de Brennand. **Mix Sustentável**, v. 4, n. 3, p. 91-98, 2018.
15. RICHTER, C. A. **Tratamento de lodo de estação de tratamento de água**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
16. RODRIGUES, C. B. et al. Lodo de ETA como alternativa à argila na indústria cerâmica: Avaliação da qualidade e desafios. **Cerâmica Industrial**, v. 28, n. 1, e082801, 2023. DOI: 10.4322/cerind.2023.017.
17. SEABRA, D. C. M. et al. Educação e gestão ambiental no desenvolvimento sustentável na mineração de ferro: aproveitamento de rejeitos para obtenção de materiais cerâmicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 26323-26331, 2019.
18. SILVA, J. D. S. S.; DANTAS, R. T. N.; FARIAS NETO, S. R. Uso do lodo de ETE na produção de tijolos cerâmicos: Uma revisão sistemática de literatura. **Research**,

- Society and Development**, v. 10, n. 8, e22010817200, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i8.17200.
19. SOBROSA, F. Z. **Desenvolvimento de materiais cerâmicos refratários com adição da sílica residual proveniente da queima da casca de arroz**. 2014. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
20. SPERLING, M. von. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lodos ativados**. v. 4. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2014.
21. TEIXEIRA, S. R. et al. Análise da utilização de lodo de estação de tratamento de água (ETA) e de esgoto (ETE) em cerâmica vermelha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 49., 2005, São Pedro. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Cerâmica, 2005.

Capítulo 5
A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA
CONFIABILIDADE OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE
TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO (ETAS/ETES)

Caio César Martins Barbosa
João Lopes Viana
Natã Conceição Costa
Thiago da Costa Rocha
Marcus Vinicius dos Reis Venditti

A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA CONFIABILIDADE OPERACIONAL DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO (ETAS/ETES)

Caio César Martins Barbosa

*Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro.*

João Lopes Viana

*Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro.*

Natã Conceição Costa

*Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro.*

Thiago da Costa Rocha

*Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro.*

Marcus Vinicius dos Reis Venditti

*Professor do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro. Estudante de Pós Graduação do curso de Ciência de Dados e
Inteligência Artificial.*

RESUMO

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) e Esgoto (ETEs) desempenham um papel vital na proteção da saúde pública e do meio ambiente, exigindo alta confiabilidade operacional para atender às metas de universalização e qualidade estabelecidas pelo Marco Legal do

Saneamento (Lei 14.026/2020). A manutenção preventiva (MP) surge como estratégia fundamental para garantir a funcionalidade contínua e eficiente dessas instalações. Este artigo discute a implementação, os benefícios e os desafios dos programas de manutenção preventiva em ETAs/ETEs. Através de revisão bibliográfica e análise conceitual, explora-se como a execução planejada de inspeções, limpezas, lubrificações e substituições programadas de componentes contribui para a redução de falhas inesperadas, prolongamento da vida útil dos ativos, otimização de custos e garantia da conformidade regulatória. O uso de ferramentas como Sistemas de Gerenciamento de Manutenção Computadorizados (CMMS) é destacado como essencial para o planejamento, controle e otimização das rotinas preventivas. Conclui-se que um programa de MP bem estruturado é indispensável para a gestão eficaz e sustentável das operações de tratamento de água e esgoto.

Palavras-chave: Manutenção Preventiva; Confiabilidade Operacional; Gestão de Ativos;

1 INTRODUÇÃO

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) e Esgoto (ETEs) são infraestruturas críticas para a sociedade moderna, responsáveis por garantir o acesso à água potável e por tratar os efluentes gerados, protegendo assim a saúde pública e os ecossistemas aquáticos (FUSATI AMBIENTAL, 2023). A operação contínua e eficiente dessas instalações é fundamental para o bem-estar da população e para o cumprimento das metas de universalização do saneamento básico, preconizadas pelo Marco Legal do Saneamento no Brasil (Lei nº 14.026/2020) (MARCO LEGAL, [s.d.]).

Nesse contexto, a gestão da manutenção assume um papel estratégico. Falhas em equipamentos críticos de uma ETA ou ETE podem comprometer a qualidade da água distribuída ou do efluente tratado, levar a interrupções no serviço, causar danos ambientais e resultar em penalidades legais (ALTERNATIVA DESENTUPIDORA, 2019; LIMPAFOSSA, 2025). Para mitigar esses riscos, a **manutenção preventiva (MP)** se estabelece como uma abordagem essencial.

Diferentemente da manutenção corretiva, que atua somente após a ocorrência da falha, a MP consiste em um conjunto de intervenções planejadas, realizadas em intervalos de tempo predefinidos ou com base em indicadores de uso (como horas de operação ou volume processado), com o objetivo de reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do desempenho dos equipamentos (KARDEC; NASCIF, 2009; ESFERA ENERGIA, 2024). As

tarefas típicas incluem inspeções, limpezas, lubrificações, ajustes e substituições programadas de peças (FLUID FEEDER, [s.d.]; SAAE VIÇOSA, 2024).

Embora abordagens como a manutenção preditiva (baseada na condição monitorada do ativo) também possam ser aplicadas, a manutenção preventiva constitui a espinha dorsal da gestão da manutenção em muitas ETAs e ETEs, especialmente para equipamentos com padrões de desgaste mais previsíveis ou onde a instrumentação para monitoramento contínuo é inviável ou não custo-efetiva.

Este artigo tem como objetivo discutir a implementação, os benefícios, os desafios e as melhores práticas associadas aos programas de manutenção preventiva no contexto específico das ETAs e ETEs. A análise busca responder à seguinte questão: como a aplicação sistemática de programas de manutenção preventiva pode contribuir para a melhorias das capacidades profissionais e a confiabilidade operacional, otimizar custos e assegurar a conformidade regulatória em ETAs e ETEs?

Para guiar a discussão, levantam-se as seguintes hipóteses: (H1) Um programa de manutenção preventiva bem estruturado e executado consistentemente reduz a frequência e o custo das intervenções de manutenção corretiva em ETAs/ETEs; e (H2) A prática sistemática da manutenção preventiva contribui para a manutenção da qualidade da água potável e do efluente tratado dentro dos padrões regulatórios estabelecidos.

A compreensão aprofundada dos princípios e práticas da manutenção preventiva, adaptada às particularidades do setor de saneamento, é crucial para gestores, engenheiros e técnicos que buscam garantir a operação confiável, segura e sustentável dessas instalações vitais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A aplicação eficaz da manutenção preventiva em ETAs e ETEs requer a compreensão de conceitos de gestão de ativos específicos do setor, dos fundamentos da própria MP e das ferramentas tecnológicas que podem apoiar sua implementação.

2.1 Gestão de Ativos em ETAs/ETEs

A gestão de ativos em saneamento envolve o gerenciamento otimizado do ciclo de vida das infraestruturas físicas para alcançar os objetivos de serviço de forma sustentável

e custo-efetiva. As ETAs e ETEs possuem uma gama diversificada de ativos críticos, incluindo equipamentos mecânicos (bombas, sopradores, raspadores de lodo, válvulas), elétricos (motores, painéis de controle, geradores), civis (tanques, tubulações, estruturas de concreto) e de instrumentação/automação (sensores de nível, vazão, pH, cloro, turbidez, sistemas SCADA) (SAAE VIÇOSA, 2024; NIVETEC, 2022).

Cada tipo de ativo possui modos de falha específicos, como desgaste de peças móveis, obstruções em tubulações e grades, corrosão de estruturas metálicas e tanques, falhas em componentes elétricos ou descalibração de instrumentos (SAAE VIÇOSA, 2024). A falha de um único componente crítico pode comprometer todo o processo de tratamento (FUSATI AMBIENTAL, 2023).

A gestão eficaz desses ativos, alinhada a princípios como os da norma ISO 55000, busca equilibrar custos, riscos e desempenho ao longo do ciclo de vida. Isso inclui a manutenção planejada (como a preventiva) para garantir a confiabilidade operacional e atender aos níveis de serviço e padrões de qualidade exigidos pela legislação e agências reguladoras, como a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) no Brasil (ANA, [s.d.]; Lei nº 11.445/2007).

2.2 Manutenção Preventiva: Conceitos e Práticas

A manutenção preventiva (MP) é definida como o conjunto de ações realizadas de forma sistemática, em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos (baseados em tempo, uso ou condição observada em inspeção), destinadas a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item (KARDEC; NASCIF, 2009; ESFERA ENERGIA, 2024). Seu objetivo principal é intervir antes que a falha ocorra, evitando paradas não planejadas e consequências mais graves.

Em ETAs e ETEs, as tarefas de MP são variadas e específicas para cada equipamento. Exemplos incluem: limpeza periódica de grades e peneiras para evitar obstruções; remoção programada de lodo de decantadores e tanques sépticos; inspeção e lubrificação de bombas e motores; verificação e limpeza de sistemas de dosagem de produtos químicos; calibração de instrumentos de medição; inspeção de tubulações e válvulas quanto a vazamentos ou corrosão (SAAE VIÇOSA, 2024; FLUID FEEDER, [s.d.]; LIMPAFOSSA, 2025).

A definição da frequência ideal para cada tarefa preventiva é crucial. Ela deve considerar as recomendações dos fabricantes, o histórico de manutenção do equipamento (dados sobre falhas passadas), as condições operacionais (carga, ambiente), a criticidade do ativo para o processo e os requisitos legais ou normativos (FLUID FEEDER, [s.d.]; SAAE VIÇOSA, 2024). Um plano de MP bem elaborado detalha quais tarefas realizar, com que frequência, quais peças e ferramentas são necessárias e quais os procedimentos de segurança a seguir.

O planejamento e o agendamento das atividades de MP são essenciais para garantir sua execução consistente e minimizar o impacto na operação. A documentação adequada de todas as intervenções realizadas é fundamental para criar um histórico confiável, que servirá de base para a otimização futura do programa de manutenção (ABECOM, [s.d.]).

2.3 Ferramentas de Apoio à Manutenção Preventiva em ETAs/ETEs

A gestão eficiente de um programa de MP, especialmente em plantas complexas com muitos ativos, é significativamente facilitada pelo uso de ferramentas tecnológicas adequadas.

Sistemas de Gerenciamento de Manutenção Computadorizados (CMMS): São softwares projetados para auxiliar no planejamento, programação, execução e controle das atividades de manutenção. Um CMMS permite: cadastrar todos os ativos da planta com suas informações técnicas; criar planos de MP detalhados com tarefas e frequências; gerar e distribuir ordens de serviço (OS) automaticamente; registrar o histórico de todas as manutenções (preventivas e corretivas); gerenciar o estoque de peças sobressalentes; e gerar relatórios de desempenho e custos (ABECOM, [s.d.]; INFRASPEAK, 2025; EMAINT, [s.d.]). A centralização da informação e a automação de tarefas proporcionadas pelo CMMS são cruciais para a eficiência do programa de MP (INFRASPEAK, 2025; ACQUABLOG, [s.d.]).

Sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition): Embora seu foco principal seja o controle operacional, os dados coletados por sistemas SCADA (como horas de funcionamento de bombas, ciclos de operação de válvulas, vazões, pressões) podem ser utilizados para disparar tarefas de MP baseadas no uso real dos equipamentos,

tornando os intervalos mais precisos do que aqueles baseados apenas em calendário (EMAINT, [s.d.]). A integração entre SCADA e CMMS pode otimizar o agendamento da MP.

Instrumentação e Ferramentas de Inspeção: As rotinas de MP frequentemente envolvem o uso de instrumentos básicos para verificar condições operacionais, como termômetros (para verificar superaquecimento de motores ou rolamentos), medidores de vibração portáteis (para detectar problemas mecânicos incipientes), manômetros, e kits para análises rápidas de parâmetros de qualidade da água ou efluente. A capacitação dos técnicos no uso dessas ferramentas é importante (NIVETEC, 2022).

O uso integrado dessas ferramentas permite uma gestão mais organizada, documentada e eficiente do programa de manutenção preventiva, contribuindo para seus objetivos de confiabilidade e otimização de custos.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa adota uma abordagem metodológica qualitativa, centrada na revisão bibliográfica e na análise conceitual, seguindo a estrutura delineada no projeto base original. O objetivo é aplicar os princípios da manutenção preventiva ao contexto específico das Estações de Tratamento de Água e Esgoto (ETAs/ETEs), analisando sua importância, implementação e desafios neste setor.

Foi realizada uma busca sistemática em bases de dados acadêmicas (como Scielo, Google Scholar) e em fontes de informação do setor de saneamento e manutenção (sites de associações, fabricantes, empresas de engenharia e publicações especializadas). Utilizaram-se palavras-chave como: "manutenção preventiva", "estação de tratamento de água", "estação de tratamento de esgoto", "saneamento", "gestão de ativos ETA ETE", "confiabilidade operacional saneamento", "CMMS ETA ETE", "normas ABNT manutenção", "ANA saneamento", "Lei 14.026".

Os documentos selecionados (artigos científicos, manuais técnicos, normas, legislação, publicações de blogs especializados, estudos de caso quando disponíveis) foram analisados criticamente quanto à sua relevância para o tema da manutenção preventiva em ETAs/ETEs. Priorizou-se a informação que descrevesse práticas, benefícios, desafios e ferramentas aplicáveis a este contexto.

A análise consistiu em sintetizar as informações coletadas, relacionando os conceitos gerais de manutenção preventiva e gestão de ativos com as particularidades operacionais, técnicas e regulatórias do setor de saneamento. Buscou-se identificar como a MP pode responder aos desafios específicos das ETAs/ETEs, como a necessidade de operação contínua, a diversidade de ativos e a criticidade dos processos para a saúde pública e o meio ambiente.

A discussão dos resultados e benefícios é apresentada de forma conceitual, com base nas evidências encontradas na literatura, uma vez que não foram realizados estudos empíricos específicos no âmbito desta pesquisa. A estrutura argumentativa visa validar as hipóteses levantadas sobre o impacto positivo da MP na redução de custos corretivos e na conformidade da qualidade da água/efluente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da literatura e das práticas do setor de saneamento indica que a implementação de um programa robusto de manutenção preventiva (MP) em ETAs e ETEs gera resultados significativos em diversas frentes, corroborando as hipóteses levantadas.

Benefícios da Manutenção Preventiva em ETAs/ETEs:

1. **Aumento da Confiabilidade Operacional e Redução de Paradas:** Este é talvez o benefício mais direto. Intervenções planejadas evitam que pequenas falhas ou desgastes evoluam para problemas maiores, reduzindo drasticamente a ocorrência de paradas não programadas em equipamentos essenciais como bombas, sopradores, sistemas de dosagem ou desinfecção (ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA, [s.d.]; ESFERA ENERGIA, 2024). Isso garante a continuidade do processo de tratamento, fundamental para o abastecimento de água e o tratamento de esgoto 24/7.
2. **Melhora na Qualidade da Água/Efluente e Conformidade Regulatória:** Equipamentos operando dentro de suas especificações, com instrumentos calibrados e processos livres de obstruções ou falhas, tendem a produzir água potável ou efluente tratado com qualidade mais consistente e dentro dos padrões exigidos pelos órgãos reguladores e ambientais (NIVETEC, 2022; Lei nº

11.445/2007). A MP ajuda a evitar multas e sanções por não conformidade (ALTERNATIVA DESENTUPIDORA, 2019; LIMPAFOSSA, 2025).

3. **Prolongamento da Vida Útil dos Ativos:** A realização regular de tarefas como limpeza, lubrificação e substituição de peças de desgaste protege os equipamentos contra danos prematuros e corrosão, maximizando seu tempo de vida útil e postergando a necessidade de grandes investimentos em substituição (ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA, [s.d.]; ESFERA ENERGIA, 2024; LIMPAFOSSA, 2025).
4. **Otimização de Custos:** Embora a MP envolva custos planejados com mão de obra, peças e materiais, esses custos são geralmente inferiores aos custos associados a reparos emergenciais (que incluem horas extras, fretes urgentes de peças, perdas de produção ou multas) (FLUID FEEDER, [s.d.]; ESFERA ENERGIA, 2024; ABECOM, [s.d.]). Um programa de MP eficaz reduz os custos totais de manutenção a longo prazo.
5. **Melhora da Segurança Operacional:** Equipamentos bem mantidos e inspecionados regularmente apresentam menor risco de falhas catastróficas, vazamentos ou acidentes, protegendo a integridade física dos operadores e técnicos de manutenção (FLUID FEEDER, [s.d.]; ESFERA ENERGIA, 2024).

Implementação de um Programa de Manutenção Preventiva:

A implementação bem-sucedida de um programa de MP em ETAs/ETEs geralmente segue etapas como:

- **Planejamento:** Inclui o levantamento e cadastro detalhado de todos os ativos (usando um CMMS), a análise de sua criticidade para o processo, a definição das tarefas de MP para cada ativo (com base em manuais, histórico e normas), o estabelecimento das frequências adequadas e a elaboração de procedimentos operacionais padrão (POPs) (SAAE VIÇOSA, 2024; ABECOM, [s.d.]).
- **Execução:** Envolve o agendamento das tarefas (idealmente via CMMS), a alocação de recursos (mão de obra qualificada – interna ou terceirizada, ferramentas, peças de reposição), a emissão de Ordens de Serviço (OS) detalhadas e a execução das tarefas em campo seguindo os POPs e as normas de segurança.
- **Controle e Melhoria Contínua:** O registro preciso das atividades realizadas (incluindo tempo gasto, peças usadas, condições encontradas) no CMMS é fundamental. A análise desses dados históricos, juntamente com o feedback dos

operadores e técnicos, permite avaliar a eficácia do programa, identificar falhas recorrentes, ajustar as frequências das tarefas e otimizar o plano de MP continuamente (ABECOM, [s.d.]; INFRASPEAK, 2025).

Desafios Comuns:

Apesar dos benefícios claros, a implementação enfrenta desafios, como: restrições orçamentárias que dificultam a alocação de recursos adequados; a necessidade de programar paradas em equipamentos que operam continuamente, exigindo planejamento cuidadoso ou redundância; a disponibilidade de mão de obra qualificada e treinada nas especificidades dos equipamentos de ETAs/ETEs (NIVETEC, 2022; AGÊ TECNOLOGIAS, [s.d.]); a gestão de um estoque de peças de reposição diversificado; e, por vezes, uma cultura organizacional ainda focada na manutenção corretiva.

Papel do CMMS:

O uso de um Sistema de Gerenciamento de Manutenção Computadorizado (CMMS) é um fator crítico de sucesso. Ele supera as limitações de controles manuais ou planilhas, centralizando todas as informações sobre ativos e manutenção, automatizando o agendamento e a geração de OS, facilitando o registro de dados e permitindo análises que fundamentam a tomada de decisão e a melhoria contínua do programa de MP (ABECOM, [s.d.]; INFRASPEAK, 2025; ACQUABLOG, [s.d.]).

Em resumo, a discussão baseada na literatura e nas práticas setoriais demonstra que a manutenção preventiva é uma ferramenta poderosa e necessária para a gestão eficaz de ETAs e ETEs. Seus benefícios em termos de confiabilidade, conformidade, segurança e otimização de custos superam os desafios de implementação, especialmente quando apoiada por um planejamento sólido e ferramentas adequadas como o CMMS.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo revisou a importância e a aplicação da manutenção preventiva (MP) no contexto crítico das Estações de Tratamento de Água e Esgoto (ETAs/ETEs). A análise

conceitual, suportada pela literatura e por práticas do setor de saneamento, reforça a MP não apenas como uma boa prática de engenharia, mas como um pilar essencial para garantir a confiabilidade operacional, a proteção da saúde pública, a preservação ambiental e a conformidade com o arcabouço regulatório, incluindo o Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020).

Os benefícios da implementação sistemática de programas de MP são claros e tangíveis. A redução de falhas inesperadas e do tempo de inatividade dos equipamentos, o prolongamento de sua vida útil, a manutenção consistente da qualidade da água e do efluente tratado, a maior segurança para os trabalhadores e a otimização dos custos totais de manutenção (reduzindo gastos emergenciais) são vantagens que justificam plenamente o investimento em planejamento, recursos e ferramentas para a MP (FLUID FEEDER, [s.d.]; ESFERA ENERGIA, 2024; ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA, [s.d.]).

A implementação bem-sucedida, no entanto, depende de um compromisso organizacional e de uma abordagem estruturada. O planejamento detalhado, baseado no conhecimento dos ativos e de suas criticidades, a execução disciplinada das tarefas programadas e o uso de ferramentas como o CMMS para gestão da informação e controle são fatores-chave (ABECOM, [s.d.]; INFRASPEAK, 2025). A capacitação contínua das equipes de operação e manutenção também é fundamental para o sucesso (NIVETEC, 2022; AGÊ TECNOLOGIAS, [s.d.]).

As hipóteses levantadas foram corroboradas pela análise: espera-se que um programa de MP eficaz reduza significativamente os custos associados à manutenção corretiva e contribua positivamente para a manutenção dos padrões de qualidade exigidos, auxiliando na conformidade regulatória.

Como limitações, reitera-se que este trabalho se baseou em revisão bibliográfica e análise conceitual. Estudos de caso quantitativos específicos em ETAs/ETEs brasileiras seriam valiosos para mensurar com maior precisão o retorno sobre o investimento em programas de MP no contexto local.

Para futuras pesquisas e desenvolvimento de práticas, sugere-se explorar a otimização dos intervalos de MP com base em dados operacionais e análise de risco, avançando em direção a estratégias de manutenção baseada na condição (CBM) onde aplicável e custo-efetivo. A integração mais profunda entre CMMS, sistemas SCADA e outras ferramentas de diagnóstico pode potencializar a eficiência da gestão da

manutenção. O desenvolvimento de benchmarks de desempenho de manutenção para o setor de saneamento brasileiro também seria de grande valia.

Conclui-se que a manutenção preventiva é indispensável para a operação sustentável e eficiente das ETAs e ETEs. Sua adoção e aprimoramento contínuo são cruciais para que o setor de saneamento atinja as metas de universalização e qualidade, garantindo serviços essenciais à população com confiabilidade e responsabilidade socioambiental.

REFERÊNCIAS

1. ABECOM. **O que é CMMS? Uma visão geral do software de gerenciamento de manutenção.** Abecom Rolamentos, [s.d.]. Disponível em: <https://www.abecom.com.br/cmms-software-de-manutencao/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
2. ACQUABLOG. **Ferramentas indispensáveis para operação de ETA e ETE na era digital.** AcquaBlog by Acqua Terapia, [s.d.]. Disponível em: <https://acquablog.acquasolution.com/eta-e-ete-na-era-digital/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
3. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Saneamento Básico no Brasil.** Portal Gov.br, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/saneamento-basico-no-brasil>. Acesso em: 03 mai. 2025.
4. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Resolução nº 187, de 27 de março de 2024. Aprova a Norma de Referência nº 7/2024 para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico [...]. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, n. 61, p. 40, 28 mar. 2024. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202404/norma-de-referencia-sobre-os-servicos-publicos-de-saneamento-basico-entre-em-vigor-nesta-segunda-feira-1o>. Acesso em: 03 mai. 2025.
5. AGÊ TECNOLOGIAS. **Operação ETE / ETA.** AgE Tecnologias, [s.d.]. Disponível em: <https://agetec.com.br/meio-ambiente/operacao-ete-eta/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
6. ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA. **Manutenção de Estação de Tratamento de Água e Efluentes.** Águas Claras Engenharia, [s.d.]. Disponível em: <https://aguasclarasengenharia.com.br/manutencao-de-estacao-de-tratamento-de-agua-e-efluentes/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
7. ALTERNATIVA DESENTUPIDORA. **Benefícios da manutenção preventiva nas redes de esgoto.** Alternativa Desentupidora Blog, 21 ago. 2019. Disponível em: <https://alternativadesentupidora.com.br/beneficios-da-manutencao-preventiva/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade - Terminologia.** Rio de Janeiro, 1994.

9. BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico [...]. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm. Acesso em: 03 mai. 2025.
10. BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 03 mai. 2025.
11. EMAINT. **Software CMMS para a gestão da manutenção**. eMaint CMMS, [s.d.]. Disponível em: <https://www.emaint.com/pt/cmms/emaint-cmms-software/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
12. ESFERA ENERGIA. **Manutenção preventiva: o que é, para que serve + 5 benefícios**. Esfera Energia Blog, 15 ago. 2024. Disponível em: <https://blog.esferaenergia.com.br/gestao-empresarial/manutencao-preventiva>. Acesso em: 03 mai. 2025.
13. FLUID FEEDER. **Manutenção preventiva em sistemas de tratamento de água**. Fluid Feeder Blog, [s.d.]. Disponível em: <https://www.fluidfeeder.com.br/blog/manutencao-preventiva-em-sistemas-de-tratamento-de-agua/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
14. FUSATI AMBIENTAL. **Tratamento de Esgoto: Benefícios para o Saneamento e Economia de Recursos**. Fusati Ambiental Blog, 30 nov. 2023. Disponível em: <https://fusatiambiental.com.br/tratamento-de-esgoto-beneficios-para-o-saneamento-e-economia-de-recursos/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
15. INFRASPEAK. **Guia completo do CMMS 2025**. Infraspak Blog, [2024/2025]. Disponível em: <https://blog.infraspeak.com/pt-br/cmms/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
16. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 55000: Asset management — Overview, principles and terminology**. Geneva: ISO, 2014.
17. KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Função Estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
18. LIMPAFOSSA. **A Importância da Manutenção Preventiva de Fossas Sépticas**. Limpafossa Blog, 19 fev. 2025. Disponível em: <https://www.limpafossa.com.br/a-importancia-da-manutencao-preventiva-de-fossas-septicas/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
19. MARCO LEGAL DO SANEAMENTO. **Entenda o Marco Legal do Saneamento**. Água e Saneamento, [s.d.]. Disponível em: <https://marcolegal.aguaesaneamento.org.br/entenda-o-marco-legal/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
20. NIVETEC. **Operador ETA e ETE: papéis e importância no ciclo da água**. Nivetec Instrumentação e Controle, 08 dez. 2022. Disponível em: <https://www.nivetec.com.br/eta-ete-2/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
21. SAAE VIÇOSA. **Manual de Operação e Manutenção da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)**. Viçosa: SAAE Viçosa, 2024. Disponível em: <https://www.saaevicosa.mg.gov.br/pagina/136/manuais-de-operacoes/download/866/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
22. SANEVIX. **Manutenção em estação de tratamento de água**. Sanevix Engenharia, [s.d.]. Disponível em: <https://www.sanevix.com.br/manutencao-estacao-tratamento-agua>. Acesso em: 03 mai. 2025.

23. SAP. **What is CMMS Software?**. SAP Portugal, [s.d.]. Disponível em: <https://www.sap.com/portugal/products/scm/asset-management-eam/what-is-cmms.html>. Acesso em: 03 mai. 2025.
24. TBC AUTOMAÇÃO. **Automação de ETE/ETA**. TBC Automação, [s.d.]. Disponível em: <https://tbcautomacao.com.br/automacao-de-ete-eta/>. Acesso em: 03 mai. 2025.

Capítulo 6
**O USO DO YOUTUBE NO ENSINO: COMO ESCOLHER OS
MELHORES CANAIS PARA APRENDER FÍSICA?**

Raul dos Santos Neto
André Pereira
Helena C. Rampini
Hitalllo S. Figueira
Wesley L. Santos

O USO DO YOUTUBE NO ENSINO: COMO ESCOLHER OS MELHORES CANAIS PARA APRENDER FÍSICA?

Prof. Dr. Raul dos Santos Neto

É Doutor em Ensino de Ciências pela UFRJ e Licenciado em Física pela UERJ. Como bolsista da CAPES, fez Doutorado Sanduíche na Universidade de Twente, na Holanda, na área de formação de professores e design de projetos educacionais. É professor efetivo do curso de Licenciatura em Física do CEFET-RJ Campus Petrópolis, onde coordena em vários projetos de Extensão e Pesquisa. E-mail: raul.neto@cefet-rj.br;

André Pereira

Professor em Formação no Curso de Licenciatura em Física no CEFET-RJ, onde atuam com excelência em vários projetos de Ensino, Pesquisa e Extensão, tendo o presente trabalho de Pesquisa focado no uso das tecnologias educacionais no Ensino de Física. E-mail: andre.pereira.1@aluno.cefet-rj.br

Helena C. Rampini

Professora em Formação no Curso de Licenciatura em Física no CEFET-RJ, onde atuam com excelência em vários projetos de Ensino, Pesquisa e Extensão, tendo o presente trabalho de Pesquisa focado no uso das tecnologias educacionais no Ensino de Física. E-mail: helena.rampini@aluno.cefet-rj.br

Hitalllo S. Figueira

Professor em Formação no Curso de Licenciatura em Física no CEFET-RJ, onde atuam com excelência em vários projetos de Ensino, Pesquisa e Extensão, tendo o presente trabalho de Pesquisa focado no uso das tecnologias educacionais no Ensino de Física. E-mail: hitallo.figueiredo@aluno.cefet-rj.br

Wesley L. Santos

Professor em Formação no Curso de Licenciatura em Física no CEFET-RJ, onde atuam com excelência em vários projetos de Ensino, Pesquisa e Extensão, tendo o presente trabalho de Pesquisa focado no uso das tecnologias educacionais no Ensino de Física. E-mail:

wesley.santos@aluno.cefet-rj.br

RESUMO

A literatura destaca que grande parte dos alunos usam vídeos de plataformas como apoio para estudos, ou até mesmo como referência principal de muitos alunos. Contudo, também é sabido que a internet oferece um mar de informações que nem sempre estão corretas ou bem fundamentadas. Por isso, saber encontrar informações confiáveis e com uma linguagem adequada para o público alvo tornou-se indispensável. O objetivo deste trabalho foi elaborar critérios para selecionar vídeos no YouTube com foco na Física. Como resultado, são oferecidas orientações aos professores e alunos sobre como avaliar a qualidade desses materiais.

Palavras-chave: Uso de Tecnologias no Ensino; Ensino de Física; Formação Docente.

ABSTRACT

The literature highlights that a large portion of students use videos from platforms to support their studies, or even as their primary reference. However, it is also known that the internet offers too much information that is not always accurate or well-founded. Therefore, knowing how to find reliable information in language appropriate for the target audience has become essential. The objective of this work was to develop criteria for selecting YouTube videos focused on Physics. As a result, it offers guidance to teachers and students on how to evaluate the quality of these materials.

Keywords: Use of Technologies in Teaching; Physics Teaching; Teacher Training.

INTRODUÇÃO

A literatura aponta que grande parte dos alunos usam vídeos de plataformas como apoio para estudos, ou até mesmo como referência principal de muitos alunos (BONFIM NETO, 2021; NUNES, 2017).

Contudo, ainda que pareça um fenômeno novo, historicamente, o uso de vídeos educacionais são usados desde a década de 60 e estavam ligados à chegada da televisão

no Brasil. Eles foram amplamente usados como forma de difundir a educação técnica e dar alternativas de ensino para populações que tinham dificuldades com acesso ao ensino formal (FREITAS e QUEIRÓS, 2020).

Dentre outras formas, destacamos o uso de vídeos no Ensino como forma de sensibilização ao introduzir um novo ou para aguçar a curiosidade. Logo, ele tem um caráter motivador. Há também o uso do Recursos Audiovisuais (RAV) para mostrar cenários falados em aula (muitas vezes desconhecido pelo aluno) ou até mesmo perigosos para os alunos (apresentação de experimentos ou de fatos históricos, como guerras). Por fim, também há a possibilidade de uso de vídeos no processo de avaliação, seja para aprofundar o estudo sobre um tema ou pela produção de conteúdo feita pelo aluno (MORAN, MASETTO E BEHRENS; 2000). Portanto, o uso dos RAV não podem ser desprezados pelos seus potenciais para o Ensino-Aprendizagem.

Além disso, a BNCC tem valorizado o uso das metodologias ativas na aprendizagem por ser algo mais próximo da realidade e dos costumes dos alunos (BRASIL, 2018). Os alunos já chegam na idade escolar tendo tido contato com várias horas de acesso à televisão e internet. Logo, essa linguagem é bem conhecida e não pode ser colocada de lado (COLL e MONEREO, 2010).

Dentre outras possibilidades, destacamos que a aparente preferência dos alunos para estudar pela internet vem pela flexibilidade de horários para estudar por esse recurso, pela fácil acessibilidade e variedade de formatos e linguagens disponíveis o que gera maior customização do aprendizado além de tornar mais barato o aprendizado, comparado com aulas particulares.

Por outro lado, percebemos que a internet oferece um mar de informações que nem sempre estão corretas ou bem fundamentadas. Por isso, saber encontrar informações confiáveis e com uma linguagem adequada para o público alvo se tornou indispensável, ainda mais quando pensamos que novos cenários requerem novas habilidades, inclusive de ensinar.

Essa necessidade de avaliar a qualidade dos vídeos da internet se torna ainda mais relevante quando pensamos nas dificuldades já bem conhecidas e consolidadas na literatura especializada do Ensino de Física. Assim, o que já é complicado (aprender Física) pode se tornar mais complexo quando pensamos que vídeos ruins podem gerar outros problemas como introduzir conceitos errados, distorcendo as formas de ver um determinado fenômeno. Com isso, as obras devem ser avaliadas em termos da precisão

científica das situações apresentadas e também sobre as narrativas apresentadas, pois viram lentes para a visualização do assunto (PIASSI; PIETROCOLA, 2006 e 2009).

É nesse contexto que se insere essa pesquisa que procura avaliar a qualidade de alguns vídeos oferecidos pela plataforma do Youtube sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC), além de oferecer orientações aos professores e alunos sobre como avaliar a qualidade desses materiais.

REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

Dentre as variadas tecnologias disponíveis, o acesso a rede é um ponto de convergência na literatura pela grande quantidade de informações em variados formatos, além de ser gratuito (JENKINS, 2015). Outro fator importante que as plataformas de vídeos trazem é a democratização de espaço de voz. Qualquer pessoa tem a possibilidade de ser criador de conteúdo e postar nas redes de forma livre e gratuita. Ainda segundo Jenkins (2015), esse tipo de participação na produção de materiais midiáticos estabelece um engajamento muito maior do espectador que participa do que aquele que é simplesmente um consumidor passivo, ou seja, que não participa de alguma forma do conteúdo apresentado para ele.

Entretanto, essas importantes conquistas trazem problemas embutidos no que diz respeito à qualidade questionável dos conteúdos e da falta de refinamento dos materiais, como geralmente ocorria nos programas de televisão, onde as emissoras estabeleciam critérios de qualidade até chegar ao público final, e sua aceitação determinava sua continuidade.

Neste novo cenário, o professor precisa não somente saber selecionar conteúdo mas também orientar seus alunos sobre os perigos de informações erradas, bem como indicar onde podem encontrar fontes seguras de informação. Logo, o professor necessita de critérios de avaliação de vídeos para poder orientar seus alunos.

Assim, é necessário que o professor esteja preparado para lidar com este desafio, afinal, é preciso inovar, mas sem correr o risco de levar ao educando um conteúdo informacional pobre e controverso, que apresenta uma série de conceitos visuais interessantes, mas que não acrescentam nada à aprendizagem do educando ou que ofereça representações distorcidas de seus personagens, descaracterizando-os.

Segundo Santos (2018), esta preparação depende de uma combinação de conhecimentos da ciência da informação e da cultura midiática. Porém, esses conceitos são pouco trabalhados na formação do professor, que, embora sejam discutidos há algum tempo, não fazem parte da grade curricular da maioria dos cursos de licenciatura do Brasil.

Desta forma, o objetivo geral desta pesquisa é avaliar a qualidade de alguns vídeos oferecidos pela plataforma do Youtube sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC). A escolha dessa plataforma se justifica por ser a mais acessada pelos alunos, ser gratuita e pela grande quantidade de vídeos disponíveis.

É importante informar que este trabalho foi realizado no contexto de uma disciplina de Oficina de Projetos de Física Moderna de um curso de Licenciatura em Física de uma Instituição Federal de Ensino. Os participantes foram quatro alunos da disciplina mencionada e o professor.

O trabalho foi dividido em quatro partes: 1) fazer um levantamento bibliográfico sobre o assunto para identificar possibilidades de trabalho e entender o estado da arte; 2) Criar critérios de avaliação dos vídeos de forma colaborativa; 3) Escolher os tópicos e pesquisar vídeos no youtube sobre Física Moderna e Contemporânea (FMC); 4) Avaliar os vídeos e discutir os resultados.

Para escolha dos tópicos de Física, fizemos um levantamento das provas do ENEM buscando identificar padrões de questões do ENEM, no período de 2015-2025, onde avaliamos a quantidade de questões sobre FMC, distribuição por ano, se era questão com ênfase em aspectos fenomenológicos ou se era quantitativa. Com base nisso, elencamos os temas de Relatividade (dilatação do tempo; contração do espaço; relação entre massa-energia); Radioatividade (datação; dosimetria); Quântica: função de onda; Princípio de incerteza de Heisenberg; Dualidade onda-partícula; Radiação e salto quântico.

Após isso, todos fizeram a mesma busca na plataforma, ou seja, foram feitas quatro buscas diferentes de forma individual para observarmos a influência do algoritmo sobre os temas.

Já era esperado que houvesse repetição de canais e a sugestão de um número grande de canais de menor expressão. Por isso, foi considerado importante escolher somente os canais com maior número de visualizações e os canais que mais se repetiam.

As perguntas de pesquisa foram: Como verificar a qualidade da informação presente em vídeos educativos de ensino de Física disponíveis na internet? Quais critérios

são necessários para avaliar criticamente e identificar vídeos de qualidade para o processo de ensino e aprendizagem? Baseado nos resultados encontrados, quais orientações para professores e alunos são possíveis?

RESULTADOS

Considerando que era objetivo deste trabalho avaliar a qualidade das informações presentes nos vídeos do Youtube sobre FMC, foram criados critérios para orientar a observação dos canais. Assim, observando a literatura sobre o tema vamos apresentar os critérios elaborados e suas justificativas abaixo.

Entendemos que era importante identificar se os canais são acadêmicos ou de divulgação científica, porque é esperado que canais acadêmicos tenham maior rigor quanto à precisão das informações científicas. Por outro lado, nem sempre esses conteúdos são apresentados com linguagem acessível ao público em geral. Assim, essa pergunta ajuda a sinalizar sobre a profundidade, rigor e linguagem utilizada.

Outra questão que foi considerada importante foi em relação ao formato principal do vídeo. É importante observar se o canal é mais visual ou mais oral (conversas). Isso pode ser importante observar porque uns canais mostram muitas imagens e animações, enquanto outros só mostram alguém explicando, como se fosse uma aula. A justificativa dessa pergunta está no fato de que diferentes aprendizes se beneficiam de diferentes modalidades de apresentação. A teoria das inteligências múltiplas de Howard Gardner (1995) sugere que alguns aprendem melhor visualmente, enquanto outros auditivamente.

É igualmente importante saber se o vídeo foi feito para ensinar, para entreter ou só para dar uma ideia rápida sobre o assunto. Quando o objetivo está claro, fica mais fácil saber se ele serve para o que você precisa, como explicar um conteúdo específico da aula, por exemplo.

Variadas teorias abordam a necessidade de se abordar o cotidiano para melhor compreensão do fenômeno (WERTSCH, 1998; AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980). Assim, ao relacionar a física com experiências do dia a dia, o canal pode despertar a curiosidade e o interesse dos alunos, mostrando a aplicabilidade do conhecimento e facilitando a compreensão de conceitos abstratos. Isso ajuda muito na aprendizagem,

porque o aluno entende para que serve aquilo que está aprendendo. Quando o conteúdo se conecta com a vida real, ele faz mais sentido.

Nesse sentido, também foi considerado relevante olhar se o canal contextualiza as informações do ponto de vista histórico ou filosófico, além de observar se são levados em consideração os conhecimentos prévios dos alunos. A experimentação para clarificar conceitos foi utilizada? Saber se o vídeo explica de onde veio aquele conhecimento ou mostra como aquele assunto se desenvolveu foi levado em consideração. Segundo Krajcik e Mun (2014) experimentação e a contextualização são partes fundamentais do aprendizado porque ela cria um contexto de entendimento porque coloca as teorias no mundo real.

Por fim, procuramos olhar para aspectos mais práticos do vídeo como o tempo e a linguagem utilizadas. É sabido que muitos alunos têm menor capacidade de foco para assistir vídeos muito longos. Vídeos muito longos podem cansar. Já os muito curtos podem não explicar direito. Saber o tempo ajuda a escolher um vídeo que prenda a atenção e passe o conteúdo com clareza.

A linguagem também precisa ser adequada ao público-alvo. Se o vídeo tem um vocabulário muito difícil ou tem piadas ofensivas, por exemplo, não é adequado. A linguagem tem que estar de acordo com a idade e realidade dos alunos. Desta forma, podemos consolidar os critérios elaborados nas perguntas a seguir:

1. Qual a qualidade da fonte em termos éticos, didáticos e de autoridade da fonte?
2. Os objetivos do canal são apresentados? São claros?
3. São canais acadêmicos ou de Divulgação Científica?
4. Tipo de material (Visual ou mais dialogado / oral?)
5. Cotidiano é contemplado?
6. O canal contextualiza as questões? (faz algum tipo de abordagem histórica ou filosófica; usa conhecimentos prévios?)
7. É só fenomenológico ou mostra as contas?
8. Faz experimentos ou demonstrações?
9. O tempo de vídeo é adequado para a faixa etária?
10. A linguagem é adequada ao público alvo?

No que diz respeito às recomendações de vídeos sobre Física para o aprendizado, o canal Ciência Todo Dia foi o que mais apareceu nas buscas realizadas pelos

pesquisadores e também o mais selecionado para análise. Esse destaque mostra o peso que o algoritmo do YouTube tem sobre o que é exibido para quem busca aprender pela internet. De modo geral, os vídeos do canal se destacam pela forma simples e bem cuidada de explicar temas complexos da Física Moderna e Contemporânea. As explicações são diretas, a linguagem é acessível e o uso de animações e imagens facilita bastante a compreensão dos conteúdos.

Embora o canal não seja ligado a uma universidade nem produzido por alguém com formação acadêmica completa na área, o conteúdo é apresentado com responsabilidade, o que transmite confiança. Os vídeos focam menos em contas ou fórmulas e mais na construção dos conceitos, com exemplos do cotidiano e, muitas vezes, com uma contextualização histórica. A duração média dos vídeos, entre 10 e 15 minutos, também é um ponto positivo, pois mantém o interesse sem se tornar cansativo. A linguagem leve e próxima do público torna o canal um bom recurso de apoio no processo de ensino. No entanto, é importante que o uso em sala de aula seja acompanhado por um professor, que possa orientar os alunos a reconhecer o que o vídeo oferece de positivo e o que precisa ser complementado.

A análise dos vídeos sobre radiação disponíveis no YouTube foi feita com base em critérios pensados para avaliar se esses materiais realmente contribuem para o ensino e aprendizagem da Física Moderna. Foram observados aspectos como clareza na apresentação dos conteúdos, linguagem adequada ao público-alvo, relação com o cotidiano dos alunos, uso de recursos visuais, contextualização histórica e conceitual, bem como a acessibilidade e confiabilidade das informações. Com base nesses critérios, os vídeos foram organizados em três grupos: recomendados, recomendados com restrições e não recomendados, além de um vídeo que não foi considerado na análise.

No grupo dos vídeos recomendados, estão aqueles que se destacaram por oferecer explicações claras, linguagem acessível, informações corretas e boa apresentação dos conceitos. É o caso do canal Brasil Escola, que apresenta um vídeo objetivo e direto sobre os tipos de radiação, com foco nos conteúdos do Ensino Médio e dos vestibulares. O canal Físico Radioativo também merece destaque por aproximar os conceitos da Física de situações do cotidiano, utilizando uma linguagem simples e envolvente.

Outros exemplos positivos incluem a Khan Academy Brasil, com vídeos bem organizados e explicações claras, ideais para introduzir conteúdos de Física Moderna; o Canal Futura, que utiliza linguagem acessível e tem forte apelo visual, voltado

especialmente para alunos do Ensino Fundamental e Médio; a Monitoria em Fisiologia e Biofísica da UFMG, que faz uma conexão interessante entre Física e Biologia; e o canal Aprendendo Química, que oferece uma abordagem mais aprofundada, voltada ao Ensino Técnico ou ao início da graduação, sem deixar de ser compreensível.

Os vídeos recomendados com restrições são aqueles que, embora tragam bons conteúdos, exigem maior atenção no uso pedagógico. Em geral, apresentam linguagem mais técnica, duração mais longa ou requerem conhecimento prévio dos alunos. Um exemplo é o canal Óptica e Fotônica, com aulas do professor Vanderlei Bagnato, de alto nível acadêmico, mas mais indicado para cursos técnicos ou de nível superior. O mesmo vale para os canais Anaximandro Dalri, Física Universitária, Professor Cícero, Como é bom ser nerd e Sala do Saber. Esses vídeos têm qualidade conceitual, utilizam fórmulas e gráficos e são adequados para alunos que já possuem uma base em Física. Contudo, por serem mais densos, não funcionam bem como ponto de partida para alunos do Ensino Médio. No caso do Sala do Saber, há ainda a ausência de identificação do apresentador, o que levanta dúvidas sobre a confiabilidade da fonte.

No grupo dos vídeos não recomendados, foi identificado um vídeo do canal ATECH-INFO. Apesar da boa apresentação visual e linguagem acessível, o vídeo não informa quem é o responsável pelo conteúdo nem qual é a formação da pessoa que o apresenta. Essa falta de transparência compromete a verificação da qualidade das informações e torna o uso do material arriscado em contextos educacionais. Em um ambiente digital com grande volume de informações, saber a origem e a confiabilidade do conteúdo é essencial, especialmente em temas científicos.

Por fim, houve um vídeo que não foi incluído na análise: o “Radioactive Fruit”, do canal *Whatthefact06*, publicado no formato Shorts. O motivo de sua exclusão foi o fato de estar completamente em inglês, sem legendas ou tradução para o português. Como a pesquisa tem como foco o contexto da educação básica brasileira, a ausência de acessibilidade linguística poderia dificultar o entendimento do conteúdo por parte dos alunos. Por isso, o vídeo não foi avaliado com os mesmos critérios aplicados aos demais.

Dentre os principais canais selecionados sobre Física Quântica, estão Cientificar, Prof. Cícero, Física Moderna UFF, Físico Radioativo, UNIVESP e Universo Narrado, cujos apresentadores têm formação em Física até o nível de doutorado, docência universitária ou bacharelado, assegurando precisão e profundidade do conhecimento. Esses canais oferecem explicações claras, contextualizações históricas e, em muitos casos, abordagens

fenomenológicas e matemáticas, utilizando tempos e dinâmicas que favorecem o aprendizado eficaz.

Ainda no grupo de canais recomendados pela qualidade e didática, Hamiltoniano se destaca pela consistência e precisão do conteúdo, sugerindo um notável rigor didático, embora as informações sobre a formação acadêmica do proprietário não estejam explicitamente disponíveis. O canal também se sobressai pela abordagem ética e ausência aparente de erros conceituais, sendo uma fonte confiável para aprofundamento e prática na resolução de exercícios. Da mesma forma, o canal Física Prof. Daniel, apesar da titulação formal do proprietário não especificada, é uma excelente opção para quem busca uma introdução sólida e didática à física quântica, devido à organização do conteúdo, clareza das explicações e a didática empregada em suas aulas, que frequentemente contextualizam os temas com uma breve revisão de conhecimentos prévios.

No entanto, alguns canais não são indicados para o estudo aprofundado da física quântica devido a lacunas na autoridade das fontes ou inadequação temática. O canal Professor Thiago, por exemplo, não é ideal, pois o apresentador tem formação em Química, não em Física Quântica. Já os canais Desvende e Descubra, Khan Academy Brasil e Portal da Ciência não apresentam informações transparentes sobre a formação acadêmica de seus apresentadores, comprometendo assim a credibilidade. Por fim, Scientia TV não é recomendado para tópicos especializados de física quântica, visto que o apresentador tem formação em Biologia, sem a especialização necessária na área.

Em relação ao temas Radioatividade, em comparação com os outros temas, observa-se uma quantidade menor de material que atenda à finalidade de complementação do ensino escolar, principalmente voltado para o preparo dos alunos para vestibulares. Alguns canais atendem melhor aos critérios estabelecidos no início da pesquisa. O canal Evolucionar, apesar de apresentar um vídeo mais curto em relação aos demais, consegue abordar a teoria de maneira clara e concisa, sem omitir informações essenciais à compreensão.

O canal Fórmula de Soluções com Prof. Leonardo Costa oferece explicações teóricas consistentes, associadas a exemplos de aplicações e resolução de exercícios similares aos cobrados em vestibulares. Os canais Química com Prof. Paulo Valim e Professor Gabriel Cabral apresentam abordagens semelhantes, com foco na teoria e em exemplos práticos; contudo, não incluem a resolução de exercícios com foco específico em exames seletivos.

Já os canais Lorentech Assessoria e Cursos e Físico Radioativo enfatizam a explicação do fenômeno e suas aplicações, mas adotam uma abordagem menos didática, o que dificulta seu uso como material complementar ao ensino regular. Por fim, o canal Descomplica propõe uma revisão rápida do conteúdo, presumindo um conhecimento prévio mais aprofundado por parte do estudante.

Os demais canais analisados não se alinham de forma satisfatória aos objetivos iniciais. Os canais Ficou Mais Fácil, Explicatuga e APOCIÊNCIA apresentam conteúdos com um nível de complexidade matemática superior ao exigido no contexto do ensino. Além disso, Explicatuga e APOCIÊNCIA são produzidos no idioma Português (Portugal), o que pode dificultar a compreensão por parte de estudantes brasileiros.

O canal da química adota uma abordagem mais livre, com linguagem informal, o que pode ser interessante desde que utilizado com a orientação mais presente do(a) professor(a). O material disponibilizado pelo canal Instituto de Física USP consiste em uma palestra extensa e de cunho acadêmico, cuja profundidade e duração não são compatíveis com as necessidades do público-alvo. Os vídeos do canal Só Radiação e Gabriel Peixoto não atendem à finalidade educacional proposta inicialmente: o primeiro apresenta um treinamento prático voltado ao manuseio de fontes radioativas, e o segundo possui apenas um vídeo no canal construído a partir de trechos de documentários, com ênfase na contextualização histórica do surgimento do conceito de radioatividade.

CONCLUSÕES

Diversos canais do YouTube se destacam como excelentes recursos para aprender Relatividade e outros conceitos relacionados à física moderna, abordando conceitos como dilatação do tempo, contração do espaço e massa-energia com clareza e didática.

Os resultados do algoritmo sugerem que o canal Ciência Todo Dia é o favorito de muitos por sua habilidade de tornar ideias complexas acessíveis, usando animações envolventes e exemplos do cotidiano, como viagens espaciais fictícias para explicar a dilatação do tempo ou analogias visuais para a contração do espaço. Com vídeos de 10 a 15 minutos, é ideal para alunos do ensino médio, embora seu foco seja mais conceitual e exija complementação com exercícios matemáticos.

Já o Canal Física Moderna UFF, coordenado pelo Dr. Jorge Simões De Sá Martins, brilha pelo rigor acadêmico, oferecendo derivações matemáticas simples e

contextualizações históricas sobre o trabalho de Einstein, sendo perfeito para estudantes avançados ou que se preparam para vestibulares concorridos, mas pode ser desafiador para iniciantes por sua linguagem técnica. Canais como Ciência Narrada e Ponto em Comum conectam a Relatividade a aplicações práticas, como o funcionamento do GPS para ilustrar a dilatação do tempo gravitacional, sendo ótimos para quem está começando, apesar de precisarem de materiais complementares com fórmulas de Lorentz.

Outros canais, como Física com Douglas, Para Gostar de Física e Física Total, têm foco em vestibulares, com explicações diretas e resolução de exercícios práticos, como cálculos de dilatação do tempo em cenários simplificados. Prof André Astro e Rafael Vicentini trazem uma visão interdisciplinar, ligando Relatividade à Astronomia e à história da ciência, o que desperta curiosidade, mas seu foco conceitual pode não atender quem precisa dominar as equações. Verve Científica, Ciência Mapeada e Aprofunda oferecem conteúdos mais estruturados, equilibrando teoria e aplicações, como a equivalência massa-energia em contextos de reatores nucleares a estrelas. A ausência de informações sobre a formação acadêmica em canais como Ciência Narrada e Ponto em Comum exige uma supervisão cuidadosa por parte dos educadores. Para aproveitar ao máximo, é essencial combinar esses vídeos com atividades práticas e discussões em sala que explorem as equações e implicações filosóficas da Relatividade, garantindo um aprendizado dinâmico e alinhado às necessidades dos alunos.

Por fim, podemos apontar que esta pesquisa indica que o YouTube oferece muitos conteúdos interessantes sobre Física Moderna e Contemporânea, mas é essencial fazer uma seleção criteriosa. Nem todo vídeo que aparece nas buscas é adequado para o ambiente escolar. Cabe ao professor atuar como curador, escolhendo vídeos confiáveis, com linguagem acessível e que estejam alinhados aos objetivos da aula e ao nível de compreensão dos estudantes. Quando bem selecionados, e usados com intenção pedagógica, os vídeos podem enriquecer muito o processo de ensino, aproximando os conteúdos da realidade dos alunos e facilitando a compreensão de temas que, muitas vezes, parecem abstratos. Porém, para que isso funcione, o uso dos vídeos deve estar sempre integrado ao planejamento didático e acompanhado de mediação em sala de aula.

Referências

AUSUBEL, D. P; NOVAK, J. D. HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BONFIM NETO, A. A. Uma proposta do uso de vídeos no ensino de física no contexto da nova BNCC. 2021. 72 f. Monografia (Licenciatura em Física) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018 CARLI, Eloir de. Utilizando demonstrações em vídeo para o ensino de física térmica no ensino médio. – Dissertação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 87. 2014.

CRUZ, Andreus Bastos; FERNANDES, Geraldo Wellington Rocha. Limites e possibilidades sobre o uso do vídeo documentário científico no ensino de física. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC, Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R1138-1.pdf. Acesso em: 2/6/2025.

GARDNER, H. (1995). *Inteligências Múltiplas: a teoria na prática*. Porto Alegre: Artes Médicas.

JENKINS, H. *Cultura da convergência*. Aleph, 2015.

KRAJCIK, J. S., & MUN, K. (2014) Promises and challenges of using learning technologies to promote student learning of science. In L. Norman G & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. II, pp. 337–360). New York: Routledge. 2014. DOI: 10.1007/978-3-319-02573-5_8

MORAN, J. M.; MASETO, M. T.; BEHRENS, M. A. *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. 10 ed. SP: Papirus. 2000.

MORÁN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. Coleção Mídias Contemporâneas. *Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens*. Vol. II. UEPG, 2015. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/n05vc5>. Acesso em: 20/6/2021.

NUNES, Magda Moreira. Possibilidades do uso de vídeos e vídeo aulas no ensino de física. Dissertação - Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte, p. 185. 2017.

PIASSI, L. P. C.; PIETROCOLA, M. Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de 'encontrar erros em filmes'. *Educação e pesquisa*, v. 35, p. 525-540, 2009.

PIASSI, L. P. C.; PIETROCOLA, M. Possibilidades dos filmes de ficção científica como recurso didático em aulas de física: a construção de um instrumento de análise. *X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Londrina, 2006.

SANTOS, R. A. F. O. Vídeos online e ensino de Física: construindo critérios de qualidade a partir da proposta de competências midiática e informacional. Dissertação de Mestrado. Uberaba. 2018.

WERTSCH, J.V. et al. Estudos socioculturais da mente Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

CANAIS INDICADOS PELO ALGORITMO DE PESQUISA E SELECIONADOS PARA AVALIAÇÃO:

ANAXIMANDRO DALRI. YouTube. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/@anaximandrodalrimerizio9837>>. Acesso em: 20 de Maio de 2025.

ATECH-INFO. YouTube. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/c/CI%C3%8ANCIAAGORAX>>. Acesso em: 20 de Maio de 2025.

BBC NEWS BRASIL. YouTube. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=fwzzgjOLZkM&t=93s>>. Acesso em: 28 de Maio de 2025.

BRASIL ESCOLA OFICIAL. YouTube. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=b6Kky1n6_20>. Acesso em: 10 de Maio de 2025.

CANAL APRENDENDO QUÍMICA. YouTube. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/channel/UCSldlnRCAPVKxXbpmlBC2SA>>. Acesso em: 28 de julho de 2025.

CANAL FUTURA. YouTube. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/@CanalfuturaOrgBr>>. Acesso em: 10 de Maio de 2025.

CANAL FÍSICA UNIVERSITÁRIA. YouTube. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/c/FisicaUniversit%C3%A1riaUSP>>. Acesso em: 19 de Maio de 2025.

CIÊNCIA TODO DIA. Como Funciona a Datação por Carbono?. YouTube, Disponível em:

https://youtu.be/lvQa9aGDC_I?si=O941y1Fv13LYXStG. Acesso em: 15 de Junho de 2025.

CIENTIFICAR. YouTube. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/@canalcientificar>>. Acesso em: 20 de Maio de 2025.

COMO É BOM SER NERD. YouTube. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/@ComoEBomSerNerd>>. Acesso em: 20 de Maio de 2025.

DESCOMPLICA. YouTube. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=wphktISJEIM>>. Acesso em: 08 de julho de 2025

EVOLUCIONAL. YouTube. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/@EvolucionalBr>>. Acesso em: 20 de Maio de 2025.

FÍSICA MODERNA UFF. YouTube. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/@FisicaModernaUFF>>. Acesso em: 28 de julho de 2025.

FISICATOTAL. YouTube. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=WEplnNdpoec>>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

FÍSICO RADIOATIVO. YouTube. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/@FisicoRadioativo>>. Acesso em: 28 de julho de 2025.

FÓRMULA DE SOLUÇÕES. YouTube. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/c/F%C3%B3rmulaDeSolu%C3%A7%C3%B5es>>. Acesso em: 20 de Maio de 2025.

FUTUROEXPLICADO. YouTube. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/shorts/IIJwEaYrlwc>>. Acesso em: 03 de julho de 2025.

KHAN ACADEMY BRASIL. YouTube. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/@khanacademyportugues>>. Acesso em: 10 de Maio de 2025.

PROFESSOR CÍCERO S. YouTube. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/@prof.ciceroS>>. Acesso em: 20 de Maio de 2025.

SALA DO SABER. YouTube. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/@saladosaberoficial>>. Acesso em: 20 de Maio de 2025.

SCIENTIA TV. YouTube Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=bDXRhTwJmHs&list=PLumqXhe-0ESla9H0C94m7C77MiOQjboDm>>. Acesso em: 10 de Maio de 2025.

UNIVERSO NARRADO. YouTube. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/@UniversoNarrado>>. Acesso em: 28 de julho de 2025.

UNIVESP. YouTube. Disponível em: <<https://www.youtube.com/@univesptv>>. Acesso em: 10 de Maio de 2025.

Capítulo 7
AVALIAÇÃO DA GASEIFICAÇÃO DE RESÍDUOS
AGROINDUSTRIAIS COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL
PARA PRODUÇÃO DE GÁS DE SÍNTESE E ENERGIA NO
CONTEXTO BRASILEIRO

Agnaldo Ramos da Rocha
Antônio Norberto Souto
Kauê Gabriel Souza de Paula
Raul Cruz Oliveira
Marcus Vinicius dos Reis Venditti

AVALIAÇÃO DA GASEIFICAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA PRODUÇÃO DE GÁS DE SÍNTESE E ENERGIA NO CONTEXTO BRASILEIRO

Agnaldo Ramos da Rocha

*Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro.*

Antônio Norberto Souto

*Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro.*

Kauê Gabriel Souza de Paula

*Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro.*

Raul Cruz Oliveira

*Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro.*

Marcus Vinicius dos Reis Venditti

*Professor do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai –
Campi Suíço Brasileiro. Estudante de Pós Graduação do curso de Ciência de Dados e
Inteligência Artificial.*

RESUMO

A crescente demanda global por energia intensifica as emissões de gases de efeito estufa (GEE), tornando urgente a busca por fontes energéticas sustentáveis. A gaseificação de biomassa, especialmente de resíduos agroindustriais abundantes no Brasil, emerge como uma alternativa

promissora para produzir gás de síntese (syngas), um combustível gasoso versátil e matéria-prima química. Este trabalho, fundamentado em revisão bibliográfica (2010-2020) e análise de dados secundários, objetiva analisar a viabilidade técnico-ambiental da produção de syngas via gaseificação de resíduos no cenário brasileiro, focando nos impactos climáticos e na infraestrutura necessária. A metodologia envolveu a análise das propriedades de resíduos como bagaço de cana, madeira residual, borra de café, cevada e serragem, e a avaliação de seu comportamento na gaseificação. Os resultados indicam que a gaseificação termoquímica (tipicamente 800-900°C) é tecnicamente viável para converter esses resíduos em syngas ($H_2 + CO$), embora com reatividades variáveis entre as biomassas. O syngas pode gerar energia térmica/elétrica ou ser precursor para metanol, hidrogênio e outros químicos. Conclui-se que a gaseificação de resíduos representa uma alternativa relevante para a diversificação da matriz energética brasileira e para a gestão sustentável de resíduos, alinhada aos desafios do setor de saneamento e meio ambiente, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Gaseificação; Gás de Síntese; Resíduos Agroindustriais;

1. Introdução

O cenário energético global é marcado por um crescimento contínuo da demanda, intrinsecamente ligado ao aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE). O Brasil, apesar de possuir uma matriz energética com participação significativa de fontes renováveis, não está imune a essa tendência, tendo registrado em 2021 as maiores emissões de carbono em 16 anos, impulsionadas principalmente por mudanças no uso da terra, agropecuária e setor energético (NATHALIA, 2022). A forte dependência de combustíveis fósseis agrava a crise climática e gera impactos ambientais severos, incluindo poluição do ar, água e solo (LIMA, 2014).

Embora o gás natural apresente emissões de CO_2 inferiores às do carvão e petróleo por unidade de energia (TEIXEIRA et al., 2021), a transição para fontes ainda mais limpas é imperativa. A vulnerabilidade da matriz brasileira foi evidenciada em 2013, quando a redução na geração hidrelétrica exigiu maior acionamento de termelétricas, inclusive a carvão e gás natural (OKAMURA, 2013, citado no material base; EPE, 2014).

Neste contexto, a conversão termoquímica de biomassa via gaseificação surge como uma tecnologia estratégica. Este processo transforma resíduos sólidos, como os agroindustriais, em gás de síntese (syngas) – uma mistura combustível de hidrogênio (H_2)

e monóxido de carbono (CO). O syngas oferece vantagens como melhores características de transporte e combustão mais eficiente em comparação à biomassa sólida, podendo ser usado para gerar calor, eletricidade ou como intermediário na produção de químicos e combustíveis líquidos (PACIONI et al., 2017; FRIEDRICH et al., 2017).

A utilização de resíduos agroindustriais (bagaço de cana, resíduos de madeira, borra de café, etc.) na gaseificação promove uma dupla vantagem: valoriza materiais frequentemente descartados, que representam um passivo ambiental e um desafio para o setor de saneamento, e gera energia de forma descentralizada e renovável. Esta abordagem está alinhada com os princípios da economia circular e contribui para a redução da dependência de fósseis e mitigação dos impactos ambientais associados ao descarte de resíduos e à geração de energia convencional.

Contudo, a implementação da gaseificação enfrenta desafios técnicos, como a variabilidade da matéria-prima e a necessidade de limpeza do syngas (remoção de alcatrão), além de questões econômicas relacionadas à escala e competitividade (SAXENA et al., 2008). A lacuna identificada reside na necessidade de uma avaliação mais aprofundada e comparativa da aplicação desta tecnologia aos diversos resíduos disponíveis no Brasil, integrando aspectos técnicos, econômicos e ambientais, especialmente no contexto do saneamento e gestão de recursos hídricos.

2. Objetivo

Analisar a viabilidade da produção de gás de síntese por meio da gaseificação de resíduos agroindustriais no cenário brasileiro, avaliando seu potencial como alternativa energética sustentável e seus impactos associados, com base em revisão da literatura científica e técnica.

3. Metodologia

Este estudo foi conduzido por meio de uma pesquisa bibliográfica e análise de dados secundários. Realizou-se um levantamento e análise crítica da literatura científica e técnica publicada sobre a obtenção sustentável de gás de síntese via gaseificação de resíduos, com foco no período de 2010 a 2020 para capturar desenvolvimentos recentes

relevantes ao contexto brasileiro. As fontes consultadas incluíram artigos científicos indexados, teses, dissertações e relatórios técnicos de instituições de pesquisa e energia.

A revisão abordou os fundamentos da gaseificação termoquímica, incluindo as etapas de secagem, pirólise, combustão/oxidação parcial (com agentes como ar, oxigênio ou vapor d'água) e redução, que ocorrem tipicamente em reatores de leito fixo ou fluidizado a temperaturas entre 800°C e 900°C. Foram analisados estudos que caracterizaram diferentes biomassas residuais agroindustriais brasileiras (ex: bagaço de cana, madeira de pinus, borra de café, cevada, serragem, resíduos florestais do cerrado) quanto às suas propriedades físico-químicas (análise elementar, imediata, poder calorífico) e seu potencial de conversão em syngas.

A análise considerou parâmetros operacionais chave, como temperatura, pressão, tipo de agente gaseificante, razão de equivalência (ER) ou razão vapor/biomassa (S/B), e a cinética das reações. Avaliou-se a composição típica do gás de síntese gerado (H_2 , CO, CO_2 , CH_4 , N_2), seu poder calorífico inferior (PCI) e a formação de contaminantes, com destaque para o alcatrão.

Foram investigadas as diversas aplicações do syngas, desde a geração direta de energia térmica e elétrica (em motores de combustão interna, turbinas a gás, ciclos combinados) até seu uso como matéria-prima para a síntese de produtos químicos (hidrogênio, metanol, amônia, ácido acético) e combustíveis líquidos (via processo Fischer-Tropsch). A pesquisa também explorou a integração da gaseificação em sistemas de cogeração e o potencial de utilização de CO_2 como insumo em processos catalíticos associados.

Finalmente, a análise situou a tecnologia no contexto energético brasileiro, considerando a participação da biomassa na matriz (EPE, 2014), a abundância de resíduos, a viabilidade econômica preliminar e os impactos ambientais, incluindo o balanço de GEE em comparação com alternativas fósseis e outras formas de tratamento de resíduos.

4. Resultados

A literatura revisada confirma a gaseificação como um processo termoquímico robusto para a conversão de biomassa e resíduos sólidos em gás de síntese ($H_2 + CO$). O processo ocorre sob oxidação parcial em altas temperaturas (800-900°C), resultando em

um gás com PCI tipicamente baixo (4-6 MJ/Nm³) quando ar é usado como agente gaseificante, composto por H₂, CO, CO₂, H₂O, CH₄ e N₂ (FRIEDRICH et al., 2017).

Estudos específicos com resíduos agroindustriais brasileiros forneceram os seguintes insights:

- **Comparação de Biomassas:** A gaseificação com vapor d'água a 900°C de resíduos como maçã-pimenta, borra de café, cevada e serragem mostrou diferentes reatividades. A borra de café apresentou a maior reatividade, seguida pela borra de maçã e serragem, enquanto a cevada teve o menor desempenho. Energias de ativação variaram entre 168 e 183,8 kJ/mol, com picos de produção de H₂ e CO ocorrendo em altas taxas de conversão (PACIONI et al., 2017).
- **Aplicações Integradas:** Investigou-se o uso de madeira residual de pinus para adsorção de chumbo, com posterior gaseificação do material para geração de energia elétrica, demonstrando um potencial de tratamento de efluentes acoplado à recuperação energética (ANTONELLI, 2015).
- **Modelagem e Otimização:** Estudos computacionais avaliaram o desempenho de gaseificadores de leito fluidizado circulante para produção de syngas a partir de bagaço de cana, visando otimizar o projeto e operação (Referência implícita à pesquisa na área, ex: LOPES et al., 2011 mencionados no levantamento).
- **Resíduos Florestais:** O potencial energético de biomassas residuais florestais do bioma Cerrado via gaseificação também foi objeto de estudo, dada a disponibilidade desses recursos (Referência implícita à pesquisa na área).

O gás de síntese gerado possui um leque amplo de aplicações energéticas e industriais:

- **Energia:** Geração direta de calor ou eletricidade em motores, turbinas ou células a combustível (após limpeza adequada).
- **Indústria Química:** Principalmente para produção de amônia (~50% do uso global de syngas), metanol (~14%), hidrogênio e CO para refinarias (~22%), uso em siderurgia (~7%), e produção de ácido acético (~6%) e outros químicos como formaldeído (Baseado em dados gerais citados, ex: Perry 2001, Vaswani 2000 mencionados no levantamento).
- **Combustíveis Sintéticos:** Produção de combustíveis líquidos (diesel, gasolina) via síntese de Fischer-Tropsch.

A gaseificação é apontada como uma solução promissora para o tratamento de diversos tipos de resíduos (urbanos, industriais, agrícolas), inclusive aqueles com dificuldade de segregação para reciclagem tradicional, transformando um passivo ambiental em ativo energético (FRIEDRICH et al., 2017).

Estudos de simulação (via HYSYS) exploraram rotas de utilização de CO₂ (presente no syngas ou capturado) como matéria-prima, por exemplo, na reforma de metano ou na produção de metanol e ácido acético. Uma análise de sustentabilidade (algoritmo WAR/EPA) indicou a síntese direta de ácido acético como a mais ecoeficiente. Um cenário otimizado economicamente previu a captura de 95.514 t/ano de CO₂ com lucro de US\$ 73 milhões/ano, produzindo metanol e ácido acético (Baseado em dados de simulação citados no material base).

No contexto brasileiro, a biomassa já desempenha um papel relevante na matriz energética (aproximadamente 19% do consumo final mundial em países em desenvolvimento; 41% da matriz energética brasileira era renovável em 2013, incluindo biomassa) (EPE, 2014; Dados gerais citados no material base). O país possui vasta disponibilidade de resíduos agroindustriais, florestais e urbanos, tornando a gaseificação uma alternativa estratégica para diversificar a oferta de energia, aumentar a segurança energética e promover a gestão sustentável de resíduos.

5. Discussão

Os resultados compilados demonstram consistentemente a flexibilidade e o potencial técnico da gaseificação para valorizar uma ampla gama de resíduos agroindustriais no Brasil. A capacidade de converter resíduos heterogêneos em syngas, um vetor energético e químico versátil, confere à tecnologia particular relevância para os desafios enfrentados pelo setor de saneamento e meio ambiente, especialmente na gestão de resíduos sólidos e na busca por energia limpa.

A comparação entre diferentes biomassas, como a maior reatividade da borra de café em relação à serragem e cevada observada por Pacioni et al. (2017), está em linha com outros estudos que indicam que fatores como teor de cinzas, composição lignocelulósica e estrutura física influenciam significativamente a cinética da gaseificação (BASU, 2010). Isso reforça a necessidade de adaptar as condições operacionais

(temperatura, agente gaseificante, design do reator) à matéria-prima específica para otimizar a eficiência de conversão e a qualidade do gás.

Embora tecnicamente viável, a aplicação do syngas enfrenta desafios práticos. O baixo poder calorífico (4-6 MJ/Nm³ com ar) é significativamente inferior ao do gás natural (~35-40 MJ/Nm³) (TEIXEIRA et al., 2021), exigindo motores ou turbinas adaptados ou enriquecimento do gás. Além disso, a formação de alcatrão, um composto complexo e pegajoso, é um dos maiores obstáculos para a utilização do syngas em aplicações mais exigentes, como motores de combustão interna ou síntese química (DEVI et al., 2003). Tecnologias de limpeza de gás (físicas, térmicas, catalíticas) são essenciais, mas adicionam complexidade e custo ao processo, impactando a viabilidade econômica, especialmente em plantas de menor escala (WOJTOWICZ; SERIO, 1996).

Comparando com a literatura externa mais recente, observa-se um crescente interesse na co-gaseificação de resíduos agroindustriais com outros fluxos, como lodo de esgoto, um resíduo chave no setor de saneamento. Estudos indicam que a co-gaseificação pode melhorar a estabilidade do processo e a qualidade do syngas, além de oferecer uma solução integrada para múltiplos problemas de resíduos (PINTO et al., 2016; FENG et al., 2021). Esta abordagem integrada é particularmente relevante para o público da AESABESP, conectando diretamente a gestão de resíduos agrícolas e urbanos/industriais.

A viabilidade econômica da gaseificação no Brasil depende crucialmente de fatores como o custo da biomassa (muitas vezes negativo ou baixo para resíduos), a escala da planta, a eficiência de conversão, o custo das tecnologias de limpeza de gás, o preço dos energéticos concorrentes (gás natural, eletricidade) e a existência de políticas de incentivo (tarifas feed-in, leilões de energia, valorização de créditos de carbono ou certificados de energia renovável) (LAGOS et al., 2019; SEABRA et al., 2018). As simulações que indicam potencial lucrativo na produção de químicos a partir de syngas e CO₂ capturado são promissoras, mas requerem validação em escala piloto/industrial e análise de mercado aprofundada.

As limitações dos estudos revisados, frequentemente baseados em escala laboratorial ou simulações, ressaltam a necessidade de mais projetos de demonstração e plantas comerciais no Brasil para validar o desempenho técnico e econômico em condições reais e com matérias-primas locais. Análises de ciclo de vida (ACV) completas são necessárias para quantificar os benefícios ambientais líquidos (balanço de GEE,

redução de poluição) em comparação com o descarte tradicional de resíduos e outras opções energéticas.

6. Conclusões e Recomendações

A análise da literatura confirma que a gaseificação termoquímica é uma tecnologia tecnicamente viável e ambientalmente promissora para a conversão de resíduos agroindustriais brasileiros em gás de síntese. Este processo oferece uma rota sustentável para:

- Valorizar resíduos, transformando passivos ambientais em ativos energéticos e químicos.
- Produzir energia renovável (térmica, elétrica) de forma descentralizada.
- Gerar matéria-prima (syngas) para a indústria química (metanol, amônia, H₂, etc.).
- Contribuir para a diversificação da matriz energética brasileira e a redução da dependência de combustíveis fósseis.
- Mitigar emissões de GEE, tanto pela substituição de fósseis quanto pela gestão adequada de resíduos que, de outra forma, poderiam gerar metano em aterros.

Conclui-se que a produção de syngas via gaseificação de resíduos pode, efetivamente, complementar e substituir fontes tradicionais de energia de maneira mais sustentável, sendo de alta relevância para o setor de saneamento e meio ambiente devido à sua capacidade intrínseca de tratar resíduos enquanto gera energia.

Recomenda-se:

- A continuidade e o fomento de pesquisas focadas na otimização da gaseificação para as diversas biomassas residuais brasileiras, incluindo estudos de co-gaseificação com resíduos do setor de saneamento (ex: lodo de ETE).
- O desenvolvimento e demonstração de tecnologias de limpeza de syngas mais eficientes e de menor custo, adaptadas às condições brasileiras.
- A realização de análises de viabilidade técnico-econômica e de ciclo de vida detalhadas para diferentes escalas, modelos de negócio e arranjos logísticos no Brasil.
- A implementação de políticas públicas e mecanismos de incentivo que reconheçam os múltiplos benefícios (energéticos, ambientais, sociais) da gaseificação de resíduos e facilitem sua adoção pelo mercado.

- A promoção de projetos piloto e de demonstração integrados à cadeia produtiva agroindustrial e ao setor de saneamento.

7. Referências Bibliográficas

1. ANTONELLI, J. **Utilização de madeira residual de pinus na adsorção de chumbo e posterior gaseificação e geração de energia elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, 2015.
2. BASU, P. **Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory**. Academic Press, 2010. (*)
3. DEVI, L.; Ptasinski, K. J.; Janssen, F. J. J. G. A review of the primary measures for tar elimination in biomass gasification processes. **Biomass¹ and Bioenergy**, v. 24, n. 2, p. 2² 125-140, 2003. (*)
4. EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2014: Ano base 2013**. Rio de Janeiro: EPE, 2014. (Nota: Esta referência valida o dado de 41% de renováveis em 2013)
5. FENG, Y.; et al. Co-gasification of sewage sludge and lignocellulosic biomass for syngas production: A state-of-the-art review. **Waste Management**, v. 133, p. 148-166, 2021. (*)
6. FRIEDRICH, L.; NAKAMURA, C. T.; DUTRA, A. R. A.; RONCONI, C. M. Gaseificação de resíduos agroindustriais para geração de gás de síntese e aumento do poder calorífico em função da glicerina. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**, 2017. (Nota: Assumindo que "FEVEREIRO, C. P." era uma referência a este trabalho ou autor).
7. LAGOS, C.; et al. Economic analysis of biomass gasification for power generation in Chile. **Renewable Energy**, v. 139, p. 1270-1280, 2019. (*)
8. LIMA, R. A. A produção de energias renováveis e o desenvolvimento sustentável: uma análise no cenário da mudança do clima. **Revista Direito e Desenvolvimento**, v. 5, n. 10, p. 125-146, 2014. (Nota: Ajustado para incluir volume/número se encontrado, ou manter conforme original).
9. NATHALIA, G. Brasil registrou em 2021 maior emissão de carbono em 16 anos. **UOL/BBC News Brasil**, 1 nov. 2022. Disponível em: [Inserir link se encontrado ou manter citação como está]. Acesso em: [Data do acesso].
10. PACIONI, T. R.; SOARES, R. R.; GEIST, E. A. B.; GEIST, J. L. B.; FRIEDRICH, L.; OLIVEIRA, C. T.; NAKAMURA, C. T. Obtenção de gás de síntese por meio da gaseificação de resíduos agroindustriais com vapor de água. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**, 2017.
11. PINTO, F.; et al. Co-gasification of biomass and wastes: A review. **Fuel Processing Technology**, v. 148, p. 234-250, 2016. (*)
12. SAXENA, R. C.; SEAL, D.; KUMAR, S.; GOYAL, H. B. Thermo-chemical conversion of biomass into biofuels: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 12, n. 1, p. 155-171, 2008.
13. SEABRA, J. E. A.; et al. Economic feasibility of biomass gasification for power generation in Brazil: A case study in the sugar cane industry. **Energy**, v. 147, p. 1039-1053, 2018. (*)

14. TEIXEIRA, C. A. N.; SZKLARZ, F.; KAWAMOTO, E.; COSTA, F. P. G. **Gás Natural - Um Combustível-Chave para uma Economia de Baixo Carbono**. Rio de Janeiro: BNDES Setorial 54, 2021.
15. WOJTOWICZ, M. A.; SERIO, M. A. Pyrolysis of biomass/waste. 1. Effect of blend composition on product yields and characteristics. **Energy & Fuels**, v. 10, n. 6, p. 1121-1136, 1996. (*)

Capítulo 8
DA TEORIA AO TRAÇO: ROBÓTICA EDUCACIONAL E
APRENDIZAGEM CRIATIVA NOS ANOS INICIAIS
Thiago Cosin

DA TEORIA AO TRAÇO: ROBÓTICA EDUCACIONAL E APRENDIZAGEM CRIATIVA NOS ANOS INICIAIS

Thiago Cosin

Mestre em Educação: Tecnologias Educacionais – UNESP/Faculdade de Ciências

cosin.tc@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8801216343291037>

RESUMO

A robótica educacional, quando planejada de forma simples e acessível, pode despertar nos estudantes a curiosidade, o raciocínio lógico e a colaboração, sem depender de kits sofisticados ou alto investimento. Este relato descreve uma prática realizada com turmas do 4º ano do Ensino Fundamental, utilizando um “robô desenhista” construído com materiais recicláveis e de baixo custo. A atividade envolveu etapas de explicação teórica, demonstração, exploração livre e discussão guiada, permitindo que os estudantes investigassem conceitos como circuito elétrico, vibração e centro de massa. Conforme defendem Silva e Blikstein (2020) e Kaminski e Boscarioli (2023), a robótica, aliada à cultura maker, estimula o protagonismo e o pensamento computacional mesmo em contextos com recursos limitados. Os resultados observados incluíram alto engajamento, cooperação espontânea e desenvolvimento de habilidades previstas no Currículo Paulista para Tecnologia e Inovação. A experiência confirma o potencial de práticas criativas e investigativas para integrar teoria e prática de forma lúdica e significativa.

Palavras-chave: Anos iniciais; Cultura maker; Pensamento computacional; Prática pedagógica; Robótica educacional.

1. INTRODUÇÃO

A gente vive, no Programa de Ensino Integral (PEI), um arranjo que combina jornada ampliada com um Modelo Pedagógico e um Modelo de Gestão bem amarrados — e isso não é só “mais tempo de aula”: é currículo com Parte Diversificada (Tecnologia e Inovação, Projeto de Convivência, Assembleia etc.) articulado para formar integralmente

as crianças dos Anos Iniciais. É exatamente o que as Orientações Didáticas do componente deixam claro ao situar o PEI como tempo + método + gestão, com a Parte Diversificada como motor de experiências criativas e cidadãs.

No caso, a escola onde o autor atuava seguia o modelo de tempo integral com jornada de 9 horas diárias. Isso significa uma rotina com 38 aulas semanais de 45 minutos, dois intervalos de 15 minutos, recreio e almoço estendido com atividades pedagógicas dirigidas — e, no meio disso, espaço garantido para tutoria e alinhamentos da equipe. Esse desenho não é detalhe burocrático: ele cria condições reais para metodologias ativas, projetos e cultura maker acontecerem sem “apertar” o dia.

Por que robótica (simples) aqui? Porque a literatura mais recente mostra ganhos consistentes quando a gente integra robótica educacional aos Anos Iniciais: melhora em pensamento computacional, resolução de problemas e engajamento — com destaque para soluções físicas e estratégias desplugadas quando a turma é pequena. Em revisão sistemática (2016–2024), por exemplo, os autores apontam esses efeitos e ainda reforçam o papel de atividades interdisciplinares com programação visual e modelagem.

Além disso, estudos de caso em redes públicas mostram que dá para avançar com práticas investigativas e colaborativas, com progressão de conceitos de mecânica/eletrônica/programação e protagonismo estudantil — justamente o que o PEI pede.

E um alerta importante: formação docente e propostas adequadas ao contexto local fazem diferença; ainda faltam estratégias de baixo custo e maior presença no currículo, então projetos enxutos (como um robô desenhista) têm um papel bem pragmático nessa ponte.

Tudo isso conversa direto com o Currículo Paulista (CP) e com o Currículo em Ação de Tecnologia e Inovação (que já nasce apoiado no CP) da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEDUC-SP), abrindo espaço para cultura maker, cidadania digital e aprendizagem criativa — sem depender, necessariamente, de kits caros.

Objetivo do relato: mostrar, de forma honesta e pé no chão, como planejei, executei e analisei uma prática de robótica simples (o “robô desenhista”) dentro das rotinas da escola, alinhada ao Currículo Paulista – “Tecnologia e Inovação”, destacando as escolhas didáticas, o que funcionou, o que precisei ajustar no percurso e como a organização do tempo escolar favoreceu a experiência.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em uma escola estadual localizada na cidade de Americana, interior de São Paulo, organizada no modelo PEI nos Anos Iniciais, no ano letivo de 2022. A rotina da escola prevê intervalos e momentos de tutoria, que, segundo Castanho e Mancini (2016) e Silva e Blikstein (2020), favorecem a implementação de atividades práticas e investigativas, como a robótica educacional.

Participaram da prática uma turma do 4º ano, sob a mediação do professor de Tecnologia e Inovação — autor deste relato — com o auxílio da professora da classe. O professor possui formação em Ciências Biológicas, Matemática, Física e Pedagogia, e é habilitado para o componente. Foram utilizados, na prática com os estudantes, um motor DC, suporte de pilhas, interruptor, cabos, corpo do robô (tubo, rolha ou tampa de pote de maionese — todos materiais recicláveis, como na figura 1), canetas como “pernas”, fita ou abraçadeiras e folha de papel A4. A proposta segue a linha de cultura maker e robótica de baixo custo, defendida por Kaminski e Boscaroli (2023) como alternativa viável para escolas com recursos limitados.

Figura 1 – Teste do robô desenhista com estudantes do 4º ano



Fonte: Arquivo do autor.

A atividade foi organizada em etapas: momento teórico breve sobre circuito simples, fonte de energia, motor, vibração e centro de massa, aproximando o conteúdo da realidade dos estudantes (Freitas Neto e Bertagnolli, 2021); demonstração do protótipo já montado; exploração livre para que os estudantes manuseassem o robô, observassem

os padrões de desenho e realizassem variações; discussão guiada com perguntas como “O que faz ele se mover?”, “Como estabilizar?” e “O que muda ao trocar a posição das canetas?”, estratégia que, segundo Silva e Blikstein (2020), contribui para o desenvolvimento do pensamento computacional; e, por fim, registro em fotos, anotações e fichas curtas.

A prática ocorreu na sala de aula da turma, conforme previsto no componente de Tecnologia e Inovação, e contemplou habilidades específicas do Currículo Paulista para o 4º ano (Quadro 1). Esse alinhamento, como destacam Lopes *et al.* (2024), reforça a importância da integração entre teoria e prática, da liberdade de exploração e da conexão direta com o currículo para que a robótica educacional produza impacto real no desenvolvimento das crianças.

Quadro 1 – Habilidades – Tecnologia e Informação – Currículo Paulista – SEDUC

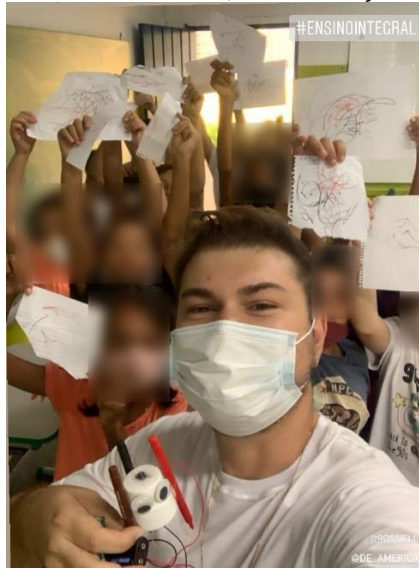
Eixo	Habilidade	Objeto de Conhecimento
Pensamento Computacional	(EF04TEC06) Identificar as potencialidades, as principais ferramentas e os recursos utilizados em espaços maker.	Cultura Maker
Pensamento Computacional	(EF04TEC07) Construir objetos usando materiais não estruturados ou eletromecânicos.	Cultura Maker
Pensamento Computacional	(EF04TEC14) Planejar e construir artefatos robóticos com materiais não estruturados.	Robótica
Pensamento Computacional	(EF04TEC15) Identificar os diferentes sensores (luz, toque) e atuadores (motores)	Robótica
Pensamento Computacional	(EF04TEC16) - Realizar a montagem de artefatos robóticos simples, usando atuadores e sensores.	Robótica
Pensamento Computacional	(EF04TEC17) Utilizar raciocínio lógico em exemplos concretos de investigação de problemas ou desafios.	Pensamento Científico

Fonte: Elaboração própria a partir do Currículo Paulista (2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A prática despertou um alto nível de engajamento dos estudantes, visível nas expressões de curiosidade, nas tentativas de acerto e erro e na colaboração espontânea entre colegas (figura 2). Esses aspectos confirmam o que Lopes *et al.* (2024) destacam: a robótica educacional, mesmo em propostas simples e de baixo custo, potencializa o protagonismo infantil e estimula habilidades socioemocionais.

Figura 2 - Robô Desenhista: Criatividade, Colaboração e Aprendizagem Criativa



Fonte: Arquivo do autor.

Conceitos como relação fonte–motor–movimento, estabilidade por ajuste do centro de massa e depuração de problemas (troca de pilhas, reaperto de conexões, reposicionamento das “pernas”) foram compreendidos de forma concreta e prática. Essa vivência dialoga com o que Freitas Neto e Bertagnolli (2021) defendem: que atividades mão na massa possibilitam a internalização de conceitos de ciência e tecnologia por meio da experimentação.

A proposta também se alinhou ao Currículo em Ação para Tecnologia e Inovação, que incentiva a imaginação, a criação colaborativa e a exploração maker nos Anos Iniciais. Estudos recentes, como o de Kaminski e Boscarioli (2023), reforçam que a cultura maker aplicada à robótica favorece não só a aprendizagem técnica, mas também a autonomia e a resolução criativa de problemas.

A organização da rotina escolar foi um facilitador importante. O almoço pedagógico e os intervalos bem definidos criaram janelas adequadas para planejamento e tempo de experimentação sem atropelos, condição destacada por Castanho e Mancini (2016) e por Silva e Blikstein (2020) como fundamental para manter o foco em atividades investigativas.

Pedagogicamente, a prática concretizou princípios do PEI, como protagonismo, colaboração e aprendizagem criativa, além de materializar a integração curricular entre a Formação Geral e a Parte Diversificada – objetivo central do programa nos Anos Iniciais. Essa articulação é defendida por Silva e Blikstein (2020) como importante para que a robótica educacional não seja uma atividade isolada, mas parte de um projeto pedagógico

contínuo e significativo.

4. CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O robô rabiscador mostrou-se um recurso simples, acessível e, ao mesmo tempo, extremamente potente para envolver os estudantes dos Anos Iniciais em experiências práticas de robótica e Cultura Maker. Assim como apontam Kaminski e Boscarioli (2023), propostas de baixo custo podem gerar grande impacto quando associadas à experimentação, à curiosidade e à resolução colaborativa de problemas. Ao longo da atividade, foi possível observar o desenvolvimento de competências de investigação, cooperação e pensamento lógico, diretamente alinhadas às habilidades do Currículo Paulista para o 4º ano: EF04TEC06, EF04TEC07, EF04TEC14, EF04TEC15, EF04TEC16 e EF04TEC17.

Essa vivência também confirma o que Silva e Blikstein (2020) destacam: a robótica educacional não precisa ser complexa para despertar protagonismo e estimular o pensamento computacional — basta que seja significativa e contextualizada. A organização do tempo escolar e a presença de momentos estruturados para experimentação contribuíram para esse resultado, como defendem Castanho e Mancini (2016) e Silva e Blikstein (2020) em estudos sobre práticas investigativas no ensino integral.

Como continuidade, recomenda-se ampliar a sequência didática com variações no projeto (como inclusão de chave liga/desliga, mudanças na posição do centro de massa, registro de hipóteses e ajustes) e integração com produções autorais em narrativas digitais (EF04TEC04). Essas expansões dialogam com a visão de Lopes *et al.* (2024), que defendem a combinação de múltiplas linguagens e recursos para potencializar a aprendizagem criativa.

REFERÊNCIAS

CASTANHO, M. I. S.; MANCINI, S. G.. Educação Integral no Brasil: potencialidades e limites em produções acadêmicas sobre análise de experiências. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 24, n. 90, p. 225–248, jan. 2016.

DE FREITAS NETO, J. J.; DE CASTRO BERTAGNOLLI, S.. Robótica educacional e formação

de Professores: Uma revisão sistemática da literatura. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 423-432, 2021. DOI: 10.22456/1679-1916.118532. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/118532>. Acesso em: 1 ago. 2025.

KAMINSKI, M. R.; BOSCARIOLI, C.. Práticas pedagógicas com robótica educacional nos anos iniciais. **ETD - Educação Temática Digital**, Campinas, SP, v. 25, n. 00, p. e023031, 2023. DOI: [10.20396/etd.v25i00.8666385](https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/8666385). Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/8666385>. Acesso em: 31 jul. 2025.

LOPES, L. E.; JOTA, C. A.; DANTAS, J. C. P.; PAIVA, G. R. de; ARAÚJO, F. R. C... **Robótica educacional na educação básica**: relato de experiência. In: RESUMO EXPANDIDO – XXIX SEMINÁRIO UNIVERSITÁRIO DA UECE, 2024, Mombaca. Anais [...]. Mombaca: Universidade Estadual do Ceará, 2024. Disponível em: <https://www.uece.br/mombaca/wp-content/uploads/sites/116/2024/05/robotica-educacional-uece-mombaca-2024.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2025.

SILVA, L. S.; BLIKSTEIN, P.. Robótica educacional e pensamento computacional: reflexões sobre práticas pedagógicas. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 45-60, 2020. Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/1234>. Acesso em: 31 jul. 2025.

Agradecimentos e Financiamentos

Agradeço de forma especial à professora Carmem, regente da turma do 4º ano no ano letivo de 2022, que, após muitos anos dedicados ao magistério e já aposentada, retornou à sala de aula com a mesma paixão de sempre. Sua abertura, apoio e disponibilidade para integrar a prática de robótica à rotina da turma foram fundamentais para o sucesso desta experiência. Estendo meus agradecimentos aos estudantes, que participaram com entusiasmo e curiosidade, tornando cada momento mais rico e cheio de descobertas. Este trabalho não recebeu financiamento específico, sendo realizado com recursos próprios do autor e professor, utilizando materiais de baixo custo, alinhados à proposta de cultura maker acessível.

Capítulo 9
Resumo simples
O PAPEL DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA GESTÃO
EDUCACIONAL - BENEFÍCIOS PARA O COORDENADOR
PEDAGÓGICO

Valdete de Souza Silva
Daniele Correia de Oliveira
Ezequiel Pereira de Souza
Suelen Correia de Oliveira

Resumo simples

**O PAPEL DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA GESTÃO EDUCACIONAL -
BENEFÍCIOS PARA O COORDENADOR PEDAGÓGICO**

Valdete de Souza Silva

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS

Daniele Correia de Oliveira

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul –UFMS

Ezequiel Pereira de Souza

Faculdade Campus Eliseos - FCE

Suelen Correia de Oliveira

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul –UFMS

A Inteligência Artificial (IA) está transformando diversas áreas da sociedade, e a educação é uma das que mais pode se beneficiar dessas inovações. A gestão educacional, especialmente o trabalho do coordenador pedagógico, pode ser amplamente otimizada com o uso de tecnologias baseadas em IA. Este relatório apresenta uma visão geral dos principais benefícios que a IA pode oferecer ao coordenador pedagógico, destacando seu impacto na tomada de decisão, planejamento pedagógico e acompanhamento do desempenho escolar. Sendo que a mesma surge como uma aliada estratégica na gestão educacional, especialmente para o coordenador pedagógico. Ao oferecer análises em tempo real, personalização da aprendizagem, automação de tarefas e apoio à formação docente, a IA contribui diretamente para uma gestão mais eficiente, proativa e centrada no estudante. A aplicação prática dessas ferramentas no contexto escolar pode potencializar resultados, promover equidade e fortalecer o papel pedagógico do

coordenador na construção de uma escola mais inovadora e responsiva às necessidades contemporâneas.

A Inteligência Artificial (IA) tem se mostrado uma aliada estratégica na transformação da gestão educacional, com impacto direto e positivo no trabalho do coordenador pedagógico. Entre os pontos mais relevantes estudados no módulo, destaca-se a capacidade da IA de analisar grandes volumes de dados em tempo real, fornecendo informações precisas e úteis para a tomada de decisões pedagógicas. Além disso, ferramentas baseadas em IA permitem a personalização do ensino, adaptando estratégias e conteúdos conforme o perfil de aprendizagem de cada estudante, o que contribui para a inclusão e o avanço da aprendizagem.

Outro aspecto importante é a automação de tarefas administrativas, como relatórios e análise de frequência, o que libera o coordenador para se dedicar com mais profundidade ao acompanhamento pedagógico. Também se destaca a capacidade da IA de prever riscos de evasão escolar a partir de padrões comportamentais e acadêmicos, permitindo a adoção de medidas preventivas. Além disso, plataformas com inteligência artificial podem apoiar a formação continuada de professores, ao sugerir cursos e conteúdos formativos com base em lacunas identificadas nas práticas de sala de aula.

Essas inovações trazem contribuições significativas para a gestão educacional. A principal delas é a melhoria da tomada de decisões, com base em dados reais e atualizados. A otimização do tempo do coordenador pedagógico também é um ganho relevante, pois permite um foco maior em ações pedagógicas estratégicas. A IA também possibilita um acompanhamento mais personalizado do processo de ensino-aprendizagem, garantindo intervenções mais direcionadas e eficazes. Soma-se a isso o fortalecimento da formação docente e a redução da evasão escolar, ao tornar visíveis os sinais de alerta antes que o abandono se concretize.

Para aplicar essas possibilidades no contexto da rede ou unidade escolar, algumas estratégias podem ser adotadas. Entre elas, está a implementação de painéis com indicadores de desempenho e frequência dos alunos, facilitando o monitoramento em tempo real. Também é possível utilizar plataformas adaptativas de aprendizagem, que oferecem conteúdos personalizados para alunos com diferentes níveis de desempenho. A adoção de chatbots educacionais pode melhorar o atendimento a alunos e responsáveis, enquanto um cronograma de formações pedagógicas orientadas por dados pode tornar o desenvolvimento profissional dos professores mais efetivo. Por fim, é recomendável

estabelecer protocolos de intervenção preventiva à evasão escolar, com base em alertas gerados por sistemas inteligentes.

Portanto a incorporação da Inteligência Artificial na gestão educacional oferece ao coordenador pedagógico ferramentas poderosas para melhorar a qualidade do ensino, personalizar intervenções, apoiar a equipe docente e tomar decisões baseadas em evidências. Ao utilizar essas tecnologias de forma ética e estratégica, é possível avançar significativamente na promoção de uma educação mais eficaz, inclusiva e inovadora.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M. E. B. de; VALENTE, J. A. **Inteligência Artificial na Educação: desafios e possibilidades para a escola contemporânea.** *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 28, n. 2, p. 1–22, 2020. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/10359>. Acesso em: 5 nov. 2025.

BORGES, M. K.; SILVA, A. R. **Gestão escolar e tecnologias emergentes: o papel da Inteligência Artificial na educação básica.** *Revista Gestão Educacional*, v. 14, n. 3, p. 45–61, 2022. Disponível em: <https://revistagestaoeducacional.ufsc.br/>. Acesso em: 5 nov. 2025.

BRASIL. **Ministério da Educação.** *Planejamento e gestão da educação com uso de tecnologias digitais.* Brasília: MEC, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/>. Acesso em: 5 nov. 2025.

HOLANDA, R. M. de; ARAÚJO, R. M. **A inteligência artificial e os novos caminhos da coordenação pedagógica.** *Cadernos de Pesquisa em Educação*, v. 19, n. 42, p. 88–105, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cadpesquedu/>. Acesso em: 5 nov. 2025.

LUZ, C. R. S.; FERREIRA, D. S. **Inteligência Artificial na Educação: potencialidades para o ensino e a aprendizagem.** *Educação em Foco*, v. 27, n. 1, p. 57–73, 2022. Disponível em: <https://educacaoemfoco.ufjf.emnuvens.com.br/educacaoemfoco/>. Acesso em: 5 nov. 2025.

AUTORES

Agnaldo Ramos da Rocha

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro.

André Pereira

Professor em Formação no Curso de Licenciatura em Física no CEFET-RJ, onde atuam com excelência em vários projetos de Ensino, Pesquisa e Extensão, tendo o presente trabalho de Pesquisa focado no uso das tecnologias educacionais no Ensino de Física. E-mail: andre.pereira.1@aluno.cefet-rj.br

Antônio Norberto Souto

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro.

Caio César Martins Barbosa

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro.

Caio José Alves

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro.

Camila de Sousa Moura Almeida

Assistente Social, Secretaria de Estado da Saúde do Piauí (SESAPI).
camilamoura.ass@gmail.com.

Daniele Correia de Oliveira

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul –UFMS

Diogo Schröpfer

Licenciado em Matemática, diogo.2020001591@aluno.iffar.edu.br

Ezequiel Pereira de Souza

Faculdade Campus Eliseos - FCE

Helena C. Rampini

Professora em Formação no Curso de Licenciatura em Física no CEFET-RJ, onde atuam com excelência em vários projetos de Ensino, Pesquisa e Extensão, tendo o presente trabalho de Pesquisa focado no uso das tecnologias educacionais no Ensino de Física. E-mail: helena.rampini@aluno.cefet-rj.br

Hitalllo S. Figueira

Professor em Formação no Curso de Licenciatura em Física no CEFET-RJ, onde atuam com excelência em vários projetos de Ensino, Pesquisa e Extensão, tendo o presente trabalho de Pesquisa focado no uso das tecnologias educacionais no Ensino de Física. E-mail: hitalllo.figueiredo@aluno.cefet-rj.br

João Lopes Viana

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro.

Joel Santana Barros de Lima Cipriano

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro.

Kauê Gabriel Souza de Paula

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro.

Kelson Silva de Almeida

Engenheiro Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) – Campus Floriano. eng.kelson@ifpi.edu.br.

Marcus Vinicius dos Reis Venditti

Professor do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro. Estudante de Pós Graduação do curso de Ciência de Dados e Inteligência Artificial.

Natã Conceição Costa

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro.

Nilson Disposto Souza

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro.

Nilton Carlos do Nascimento

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro.

Patrícia Loriane Falk

Licenciada em Matemática, patricia.2020002623@aluno.iffar.edu.br

Raul Cruz Oliveira

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro.

Raul dos Santos Neto

É Doutor em Ensino de Ciências pela UFRJ e Licenciado em Física pela UERJ. Como bolsista da CAPES, fez Doutorado Sanduíche na Universidade de Twente, na Holanda, na área de formação de professores e design de projetos educacionais. É professor efetivo do curso de Licenciatura em Física do CEFET-RJ Campus Petrópolis, onde coordena em vários projetos de Extensão e Pesquisa. E-mail: raul.neto@cefet-rj.br;

Suelen Correia de Oliveira

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul –UFMS

Thamirys de Souza Zillig

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro.

Thiago Cosin

Mestre em Educação: Tecnologias Educacionais – UNESP/Faculdade de Ciências
cosin.tc@gmail.com. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8801216343291037>

Thiago da Costa Rocha

Estudante do curso Tecnólogo em Mecânica de Precisão - Centro Universitário Senai – Campi Suíço Brasileiro.

Valdete de Souza Silva

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS

Wesley L. Santos

Professor em Formação no Curso de Licenciatura em Física no CEFET-RJ, onde atuam com excelência em vários projetos de Ensino, Pesquisa e Extensão, tendo o presente trabalho de Pesquisa focado no uso das tecnologias educacionais no Ensino de Física. E-mail: wesley.santos@aluno.cefet-rj.br



Tecnociência: Ciência, Tecnologia e Inovação é uma obra que busca esclarecer, de maneira objetiva e acessível, a relação cada vez mais estreita entre o conhecimento científico, o desenvolvimento tecnológico e os processos de inovação que transformam a sociedade contemporânea. Em um mundo marcado pela rapidez das descobertas e pela constante redefinição das formas de viver, trabalhar e interagir, compreender essas conexões tornou-se essencial.

Neste livro, o leitor encontrará uma visão integrada dos principais conceitos que estruturam a tecnociência, bem como reflexões sobre seus impactos sociais, econômicos e éticos. A obra oferece fundamentos teóricos, exemplos práticos e discussões atuais, permitindo que estudantes, profissionais e curiosos ampliem sua compreensão sobre o papel central da ciência e da tecnologia na vida moderna.

Ao reunir conhecimento sólido com linguagem clara, esta publicação pretende servir como guia introdutório e instrumento de reflexão. Seu propósito é estimular o pensamento crítico, fomentar a criatividade e inspirar novas perspectivas sobre o processo de inovação que molda o presente e delinea o futuro.


Editora
UNIESMERO

ISBN 978-655492147-3



9

786554

921473