Conexões e Saberes: Ciência e Sociedade



Organizadores
Gabriele Franco
José Erick de Souza Lima
Rubens Pantano Filho

FoxTablet

INSTITUTO FEDERAL
São Paulo
Campus
Bragança Paulista

INSTITUTO FEDERAL
São Paulo
Campus
Salto



Conexões e Saberes: Ciência e Sociedade

Organizadores

Gabriele Franco
José Erick de Souza Lima
Rubens Pantano Filho

2026

© 2026, FoxTablet

Título: Conexões e Saberes: Ciência e Sociedade

Autores: diversos

Organizadores: Gabriele Franco, José Erick de Souza Lima e Rubens Pantano Filho

Coordenação editorial: Rubens Pantano Filho

Revisão: Gabriele Franco

Imagem da capa: Maria Ângela Lourençoni

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) **(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**	
C747	Conexões e Saberes: Ciência e Sociedade / Organização de Gabriele Franco, José Erick de Souza Lima, Rubens Pantano Filho. – 1. Ed. - Salto, SP: Fox Tablet, 2026. 318 p.: il.; 16 x 23 cm Inclui bibliografia ISBN: 978-65-83368-91-1 1. Ciência – Aspectos sociais. 2. Interdisciplinaridade. 3. Sustentabilidade. I. Franco, Gabriele. II Lima, José Erick de Souza. III. Pantano Filho, Rubens. **CDD 300**
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Índices para catálogos sistemáticos:

Proibida a reprodução total ou parcial desta obra, de qualquer forma ou por qualquer meio eletrônico, mecânico, inclusive por meio de processos xerográficos, sem a permissão expressa do editor (Lei nº 9.610, de 19/02/1998).

Todos os direitos desta edição reservados pelos autores.

Rua Toscana, 176 – Bairro Vila Romana – Salto/SP – CEP 13321-440
www.foxtablet.com.br / contato@foxtablet.com.br / (11) 98689-1789

Autores

Adilson de Souza Cândido

Alberto Martins

Alexandre F. Curato

Amauri Américo de Godoy Filho

Andressa Cristina de Azevedo Barbosa

Antonio de Loureiro Gil

Arthur Simões Rodrigues

Bárbara Regina Lopes Costa

Beatriz Maria de Paula Silva

Brenno Augusto Marcondes Versolatto

Bruna Lammoglia

Cesarino Carvalho Junior

Cézar Augusto Silvino Figueredo

Cláudio Sérgio Sartori

Dennis Alves Pedersen

Fábio Andrijauskas

Francine Bastos Cacace Alvares Ferreira

Gabriele Franco

Irval Cardoso de Faria

Jane Shirley Escodro Ferretti

João Alexandre Paschoalin Filho

Jose Erick de Souza Lima

José Pires da Cunha

Lauro Araújo Mota

Letícia de Lima Souza

Luís Eduardo Pais dos Santos

Maria Cristina C. Mendonça Alvarenga

Maria Fernanda Bacelar de Souza

Mariane G. Sievert Naschenweng

Orlando Leonardo Berenguel

Paulo Henrique Leme Ramalho

Paulo Roberto Galvão

Renan Hector Lima Henrique

Ricardo Ferreira Arantes

Roberto Bazanini

Rodrigo Gontijo de Alvarenga

Rogerio Leite Araujo

Rubens Pantano Filho

Sheila Cristina L. M. Américo de Godoy

Sueli de Sá Giovani

Thalita Arthur

Vera Amaral Pantano

Willame Matos Fernandes

Sumário

Apresentação.....09
Gabriele Franco / José Erick de Souza Lima / Rubens Pantano Filho

Francisco Jê Acayaba de Montezuma e a Arquitetura Político-Jurídica do Império do Brasil.....13
Vera Amaral Pantano / José Pires da Cunha / Rubens Pantano Filho

Escrita que se sente: o sistema Braille como ferramenta de inclusão e acessibilidade educacional.....33
Gabriele Franco / Alexandre F. Curato

Entre o Social e o Sujeito: Diálogos com a Teoria Crítica, Psicanálise e Educação.....45
Francine Bastos Cacace Alvares

O Estágio Curricular Supervisionado no Curso de Licenciatura em Pedagogia: Pesquisa e Práxis na Formação Inicial.....57
Jane Shirley Escodro Ferretti / Sueli de Sá Giovani

O Sistema Nacional de Educação Cubano: Políticas, Indicadores e Formação Docente em Perspectiva Comparada com o Brasil.....65
Beatriz Maria de Paula Silva / Bruna Lammoglia

Contribuições da Psicologia Histórico Cultural para a educação escolar.....79
Lauro Araújo Mota

Gamificação na Educação Empreendedora: Análise dos Elementos Estruturantes de uma Plataforma Educacional.....91
Bárbara Regina Lopes Costa / Mariane Gomes Sievert Naschenweng

Apontamentos sobre Mario Quintana, o poeta das coisas simples.....105
Rubens Pantano Filho

Uma abordagem introdutória da Teoria fuzzy.....117
Alberto Martins

Apresentação da Extensão da Sequência de Fibonacci.....131

Ricardo F. Arantes / Rodrigo G. de Alvarenga / Maria Cristina C. M. Alvarenga

O pêndulo simples: experimento e relatório virtual.....141

Cláudio Sérgio Sartori / Irval Cardoso de Faria

Simulação Computacional de Padrões Fractais em Descargas Elétricas: Uma Análise Evolutiva de Algoritmos Topológicos ao Modelo de Rompimento Dielétrico.....157

Maria Fernanda Bacelar de Souza / Adilson de Souza Cândido

O rastro do Césio-137: Uma investigação transdisciplinar sobre o Acidente de Goiânia baseada na série "Emergência Radioativa".....171

Willame Matos Fernandes / Luís Eduardo Pais dos Santos

Não são apenas a pobreza e o clima: as falhas do planejamento urbano nas áreas de risco de Itabirito (MG).....185

Cézar Augusto Silvino Figueredo / João Alexandre Paschoalin Filho

A Importância das Cooperativas de Catadores para a Economia Circular de Resíduos Sólidos Urbanos e Eletroeletrônicos – Estudo de casos múltiplos das cooperativas de materiais recicláveis de Campinas – SP.....199

Amauri A. de Godoy Filho / Roberto Bazanini / Sheila C. L. M. A. de Godoy

Calculando a Saúde: como a potenciação e radiciação, em matemática, contribuíram para o cálculo da gordura corporal dos estudantes.....213

Willame Matos Fernandes / Thalita Arthur / Luís Eduardo Pais dos Santos

Forame Oval Patente e Acidente Vascular Cerebral Criptogênico: Atualizações Diagnósticas e Terapêuticas para a Prática de Enfermagem.....227

Andressa Cristina de Azevedo Barbosa / Letícia de Lima Souza

Uso de ferramentas digitais e de gestão em Organizações da Sociedade Civil (OSCs) de pequeno porte: desafios e contribuições para a eficiência e o impacto social.....237

Renan Hector Lima Henrique / Orlando Leonardo Berenguel

O Pensar Tributário em Ação.....251

Paulo Roberto Galvão / Antonio de Loureiro Gil / Rogerio Leite Araujo

Controles Internos: A base de uma Governança Saudável.....259

Cesarino Carvalho Junior

Uma implementação baseada na Indústria 4.0 em um processo de matéria-prima na fabricação de papel tissue.....277

Arthur Simões Rodrigues / Jose Erick de Souza Lima

Encostas Urbanas e Soluções Baseadas na Natureza: Mitigação de Deslizamentos no Litoral Norte de São Paulo.....289

Brenno Augusto Marcondes Versolatto / João Alexandre Paschoalin Filho

Análise de Desempenho Paralelo do LAMMPS utilizando OpenMP e MPI em Simulações Baseadas no Potencial de Lennard-Jones.....303

Dennis Alves Pedersen / Fábio Andrijauskas / Paulo Henrique Leme Ramalho

Apresentação

É com elevado senso de compromisso acadêmico e responsabilidade social que entregamos ao público a obra *Conexões e Saberes: Ciência e Sociedade*.

Em uma época marcada pela aceleração das transformações tecnológicas e pela urgência de respostas para as crises socioambientais e éticas, a produção do conhecimento não pode permanecer encastelada nos muros institucionais. Esta coletânea tem como objetivo divulgar à sociedade a produção científica desenvolvida em universidades e institutos federais.

Organizá-la representou o desafio de articular vinte e três contribuições científicas plurais que abordam as demandas, as contradições e os horizontes do mundo contemporâneo.

O título desta obra sintetiza seu propósito fundamental: a ciência cumpre seu papel mais nobre quando se converte em ponte, conectando a investigação rigorosa às necessidades concretas da sociedade. A inovação aqui debatida não se limita ao avanço técnico, mas abarca a renovação de práticas sociais e pedagógicas; a inclusão deixa de ser um mero discurso abstrato para se afirmar como imperativo ético; e o conhecimento consolida-se como um bem público e compartilhado.

Ao percorrer as páginas deste volume, o leitor encontrará um panorama dinâmico estruturado em grandes eixos interconectados, demonstrando como diferentes campos do saber se entrecruzam para responder a problemas complexos.

Ciências Humanas, Educação e Inclusão

O primeiro grande eixo integrador da obra lança luz sobre a espessura histórica, subjetiva e institucional da formação humana. A partir de resgates da história política e jurídica brasileira, problematizam-se as raízes do nosso pensamento institucional e as contradições do liberalismo no país. Essa perspectiva histórica desdobra-se em reflexões profundas sobre os processos contemporâneos de ensino-aprendizagem, em que a Educação Crítica e a Psicanálise se unem para compreender as dinâmicas de subjetivação e o mal-estar nas instituições escolares.

A inclusão ganha centralidade teórica e prática nas discussões sobre acessibilidade, formação de professores e políticas públicas educacionais. Os

trabalhos reunidos nesta dimensão examinam desde a mediação pedagógica fundada na Psicologia Histórico-Cultural e nos recursos de acessibilidade até a análise comparada de sistemas educacionais e a ressignificação do estágio docente enquanto espaço de práxis e pesquisa. Trata-se de um convite à reflexão sobre uma escola verdadeiramente democrática, acolhedora e formadora de sujeitos autônomos.

Ciências Exatas, Engenharias e Tecnologia

Na dimensão das Ciências Exatas e Tecnológicas, a coletânea explora tanto a elegância das abstrações teóricas quanto a força operacional dos modelos quantitativos e computacionais. O leitor é introduzido a conceitos avançados da matemática, da lógica e da física que servem de base para a compreensão e a simulação de fenômenos complexos, demonstrando como a linguagem formal e a programação de alto desempenho reconfiguram a investigação científica moderna.

Esse rigor teórico desdobra-se em aplicações práticas voltadas à Indústria 4.0, à digitalização de processos industriais, ao uso de metodologias ativas e gamificação no ensino e à busca por soluções para a transição ecológica. Destacam-se as investigações dedicadas à gestão de riscos socioambientais, à prevenção de desastres urbanos por meio de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e à análise da Economia Circular e dos Resíduos Sólidos Urbanos. Nesse campo, a ciência demonstra sua capacidade direta de promover a sustentabilidade, o planejamento urbano consciente e a inclusão socioeconômica de atores fundamentais da reciclagem.

Ciências Sociais Aplicadas, Gestão e Saúde

Por fim, o ecrã das Ciências Aplicadas e da Saúde reúne pesquisas voltadas ao aprimoramento das instituições, da governança e do bem-estar humano. No âmbito da gestão, do direito e da contabilidade, a obra aprofunda o debate sobre a responsabilidade fiscal, o papel dos controles internos e a governança transparente, oferecendo ferramentas conceituais para a consolidação de organizações sustentáveis e para o fortalecimento do terceiro setor e de pequenas entidades da sociedade civil.

No campo da saúde e do cuidado, a interdisciplinaridade se manifesta no diálogo entre ciências exatas e avaliação física, bem como nos avanços e protocolos assistenciais para a prevenção e o tratamento de enfermidades de alto impacto clínico. Essa abordagem integrada reafirma a premissa de que a

promoção da qualidade de vida exige a convergência entre a precisão técnica, a eficácia diagnóstica e a dimensão humanizada da atenção à saúde.

Um Convite ao Diálogo

Conexões e Saberes: Ciência e Sociedade é, em última análise, um manifesto em prol da transdisciplinaridade e do diálogo plural. Expressamos nossa profunda gratidão a todos os autores e autoras pelo rigor científico e pela generosidade ao compartilharem suas pesquisas, à equipe editorial da Fox Tablet pelo empenho na materialização deste volume, e às instituições que fomentam a pesquisa no país.

Desejamos que este livro seja fonte de inspiração, consulta e transformação para estudantes, pesquisadores, educadores e gestores comprometidos com o futuro da ciência e da sociedade.

Tenham todos uma excelente e proveitosa leitura!

Prof.ª Dr.ª Gabriele Franco
Prof. Dr. José Erick de Souza Lima
Prof. Dr. Rubens Pantano Filho

Francisco Jê Acayaba de Montezuma e a Arquitetura Político-Jurídica do Império do Brasil

Vera Amaral Pantano[1]
José Pires da Cunha[2]
Rubens Pantano Filho[3]

Primeiras considerações

A formação e a consolidação do Estado brasileiro no século XIX foram marcadas pelo protagonismo de uma elite de letrados e bacharéis que, imbuídos da cultura jurídica europeia, procuraram desenhar as feições institucionais da jovem nação (Bonelli, 1999; Cunha; Valente Neto, 2020). A gênese do Estado imperial esteve umbilicalmente associada à emergência de uma elite magistral e intelectual diplomada em Direito. No processo de ruptura metropolitana e concretização do Império do Brasil, o conhecimento jurídico deixou de ser mero instrumento burocrático para se transformar na própria linguagem da política nacional.

A construção da identidade nacional brasileira no período pós-independência foi acompanhada por um profundo esforço de autoafirmação de seus intelectuais, que buscavam romper com os vínculos coloniais não apenas no plano institucional, mas também no âmbito simbólico e pessoal. Nesse contexto de transição cultural, Souza (2012) destaca a prática nativista de adoção de nomes de apelo indígena, que possuía antecedentes no século XVIII, ganhando extraordinária força simbólica e alarde patriótico logo após a Independência do país. Dentro desse ecossistema institucional e precisamente no bojo desse fenômeno, destaca-se a figura singular de Francisco Gomes Brandão (1794-1870), cujas escolhas identitárias foram contempladas pelas investigações de Gonçalves (2022) e de Castro Júnior (2014). Os dois autores apontam que o jovem advogado baiano decidiu, em

[1] Mestre em Administração, graduada em Gastronomia e graduanda em Direito pela UNIFAJ. *E-mail*: amaralvera@outlook.com.br
[2] Advogado com Pós-graduação em Direito Penal. Membro Efetivo do Instituto dos Advogados do Brasil e Juiz Federal aposentado. *E-mail*: jpiresdacunha33@gmail.com
[3] Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais, Mestre em Ensino de Física, Mestre em Engenharia e Ciência dos Materiais. Docente do Instituto Federal São Paulo (IFSP). *E-mail*: rubenspantano@ifsp.edu.br

1823, renunciar formalmente ao seu nome de batismo luso-brasileiro para adotar a identidade indigenista de Francisco Jê Acayaba de Montezuma.

Souza (2012) assevera que a apropriação dos elementos da mitologia e da toponímia aborígene pelo jurista baiano não configurou mero capricho estético; representou uma consagração que precedeu e de certa forma preparou o próprio movimento literário do indianismo romântico, elegendo o indígena como símbolo heroico da nascente soberania imperial. A rejeição do sobrenome de origem portuguesa "Brandão" e a incorporação de termos que evocavam a ancestralidade indígena (Jê e Acayaba) e o imperador asteca (Montezuma) constituíam uma declaração política de ruptura com a metrópole e uma busca deliberada por uma identidade originalmente americana, prática comum entre os maçons e intelectuais nacionalistas do período (Azevedo, 2005; Bitar, 2015; Costa, 2020). No caso de Montezuma, seu envolvimento com o ideal emancipacionista brasileiro antecede a conclusão de sua formação acadêmica. Ao retornar temporariamente da Europa, em meio aos conflitos da Independência, participou ativamente das lutas patrióticas na Bahia.

Nascido em Salvador, em 23 de março de 1794, filho de uma mestiça baiana e de um comerciante português abastado, inicialmente foi destinado pelo pai à carreira eclesiástica, tendo inclusive ingressado em um seminário da Ordem Seráfica. Além disso, estudou Medicina na Bahia. No entanto, o jovem Brandão optou por seguir os estudos jurídicos, ingressando em 1816 na tradicional Universidade de Coimbra, em Portugal, na qual obteve o grau de bacharel em Direito em 13 de junho de 1821 (Costa, 2020). Nessa universidade, juntamente com Almeida Garrett, liderou o primeiro grande levante estudantil português contemporâneo (Dias, 2005).

Silva (1999), em seus estudos sobre a circulação das ideias liberais e a formação cultural das elites intelectuais baianas, destaca que o percurso acadêmico de intelectuais como Montezuma em Coimbra foi decisivo para absorver o jusiluminismo e o constitucionalismo. A autora observa que Montezuma exemplifica a transição da elite colonial para uma liderança nacional, na qual a retórica jurídica e a valorização do nativismo serviam como instrumentos de diferenciação social e de construção da soberania do Brasil recém-independente.

Acayaba de Montezuma, posteriormente agraciado, em 1854, com o título de Visconde de Jequitinhonha, pela expressividade de seus serviços prestados ao Estado, destaca-se como uma das figuras mais fascinantes, complexas e contraditórias do período imperial. Montezuma ascendeu ao topo do funcionalismo público e da elite do Império, representando exemplarmente a mobilidade social e a ascensão de indivíduos "de cor" aos patamares mais

elevados da administração pública e da política imperial (Azevedo, 2005; Costa, 2020).

Essa contínua busca por ascensão social e prestígio político de Montezuma fazia parte de um movimento coletivo mais amplo. De acordo com as análises de Puls (2016), o cenário oitocentista testemunhou a emergência de uma intelectualidade negra e mestiça constituída por filhos e netos de escravizados que, tendo se afastado do cativeiro, ascenderam socialmente e ocuparam postos de grande relevo em áreas que iam da medicina ao jornalismo e à política, a exemplo do jurista Antônio Pereira Rebouças e do editor Francisco de Paula Brito.

A partir dessa inserção inicial, Montezuma desempenhou papéis cruciais na arquitetura política do Império, atuando como deputado na Assembleia Constituinte de 1823, ministro da Justiça em 1837, ministro dos Negócios Estrangeiros e representante plenipotenciário do Brasil na Inglaterra entre 1840 e 1841, culminando sua carreira como conselheiro de Estado e senador vitalício pela Bahia (Bonelli, 1999).

No entanto, a inserção de Montezuma nessa elite letrada esteve repleta de contradições raciais. Ao analisar a documentação da época, Gonçalves (2022) chama a atenção para o fato de que, embora o *Dicionário Bibliográfico Brasileiro* de Sacramento Blake (1883) omita sistematicamente qualquer referência à condição de cor de Montezuma, registros de contemporâneos e historiadores atestam de forma inconteste sua condição de homem "pardo-escuro". Apoiando-se na obra clássica de Luiz Vianna Filho (1959) sobre a presença negra na Bahia, Gonçalves (2022) demonstra que Montezuma era amplamente reconhecido como um dos negros mais "notáveis" de seu tempo, integrando um grupo de "homens de cor" que conseguiram galgar cargos públicos outrora considerados inteiramente inacessíveis à sua capacidade e à sua cor.

Contudo, essa visibilidade e o sucesso institucional de Montezuma atraíram profunda resistência em uma sociedade marcadamente hierarquizada e escravocrata. Guimarães e Drumond (2018) explicam que a trajetória desses homens livres "de cor" evidencia que a integração à elite cultural e política do Império foi constantemente atravessada pela racialização e pela fronteira intransigente da cor, que se mostrou como uma barreira em múltiplos momentos. Em sua pesquisa, Gonçalves (2022) resgata o perfil controverso traçado por Américo Jacobina Lacombe (1947), que descreveu o Visconde de Jequitinhonha como um homem alto, pardo-escuro, de olhos vivos e cintilantes que denunciavam sua inteligência superior, mas que foi historicamente marcado por estereótipos relacionados à sua condição "de cor". Esses estereótipos, como demonstra Gonçalves (2022), eram

sistematicamente mobilizados por seus opositores conservadores na imprensa e no Parlamento com o fim único de depreciar, questionar e deslegitimar os seus projetos de reforma jurídica e de emancipação dos escravizados, evidenciando como a cor da pele operava como um fator de tensionamento permanente nas disputas políticas imperiais.

A análise da trajetória de Acayaba revela tensões profundas entre a defesa abstrata do liberalismo e da igualdade de direitos e os limites práticos impostos pela realidade de uma sociedade agroexportadora e escravocrata. Este artigo propõe-se a examinar a trajetória de Montezuma, articulando sua produção intelectual, sua atuação na fundação do Instituto dos Advogados Brasileiros e suas intervenções no Parlamento imperial, evidenciando as contradições que definiram o liberalismo brasileiro oitocentista.

Da Constituinte de 1823 ao Exílio

Montezuma, de volta ao Brasil, participou ativamente das lutas pela Independência na Bahia, integrando o Governo Provisório em Cachoeira (1822). A atuação pública de Montezuma ganhou projeção nacional na Assembleia Constituinte de 1823, convocada para redigir a primeira Constituição do Império do Brasil (Azevedo, 2005; Bonelli, 1999). Naquela arena, o então jovem deputado baiano destacou-se pela combatividade e pela defesa de princípios liberais moderados. No entanto, as suas intervenções já demonstravam uma postura de cautela e prudência política que marcaria sua inserção nos círculos do poder. Um exemplo paradigmático desse comportamento ocorreu durante os calorosos debates de 26 de julho de 1823 acerca da violação do sigilo postal pelo governo imperial (Castro, 2017).

Na ocasião, o deputado cearense José Martiniano Pereira de Alencar propôs que a Assembleia recomendasse formalmente ao poder executivo o estrito cumprimento da garantia constitucional de sigilo das cartas, em face de reiteradas denúncias de interceptação de correspondências por agentes públicos. Montezuma, acompanhado pelo deputado baiano Francisco Muniz Tavares, manifestou-se contra a recomendação de Alencar. A justificativa para o voto contrário de Montezuma apoiava-se no receio de que tal advertência, destituída de provas materiais concretas e imediatas, fosse interpretada pelo governo como uma acusação de crime de Estado, o que poderia agravar ainda mais a já desgastada relação política entre a Assembleia Constituinte e o Imperador D. Pedro I. Montezuma preferia zelar pela estabilidade das instituições a endossar uma denúncia direta contra o Ministério (Castro, 2017).

A dissolução da Constituinte de 1823 por ordem de D. Pedro I e a consequente imposição da Carta outorgada de 1824 resultaram na prisão e no exílio de vários deputados que se opuseram ao despotismo imperial, incluindo Montezuma. Deportado para Portugal em 1823, o bacharel baiano iniciou um longo período de exílio na Europa, transitando pela França, Inglaterra, Bélgica e Países Baixos. Durante o exílio na Europa, aprofundou seus vínculos com os quadros maçônicos e absorveu tendências do constitucionalismo e do direito comparado.

Em 1830, na cidade de Paris, Montezuma acompanhou de perto a Revolução de Julho, sublevação popular que culminou na queda definitiva da dinastia Bourbon e na ascensão de Luís Filipe de Orléans ao trono francês sob a égide de uma monarquia constitucional. Essa vivência europeia foi determinante para a consolidação de seu pensamento político. A Revolução de 1830 reforçou em Montezuma o horror ao despotismo absolutista e, simultaneamente, o medo da anarquia popular e das convulsões democráticas radicais, aproximando-o das teses liberais conservadoras de matiz anglo-saxão (Azevedo, 2005).

Formação Acadêmica e as Tensões Federativas nos Anos 1830

A sólida formação acadêmica de Francisco Jê Acayaba de Montezuma constituiu a base indispensável para sua posterior projeção no cenário público nacional. Como aponta Machado (2026), a trajetória acadêmica do jovem baiano seguiu o roteiro clássico das elites oitocentistas luso-brasileiras, cruzando o Atlântico para obter o bacharelado em Cânones e Leis pela Universidade de Coimbra. Seu retorno ao Brasil pós-independência coincidiu com a instauração de intensos debates políticos na década de 1830. De acordo com as análises de Leite (2006) e de Pereira (2015), os anos subsequentes à abdicação de D. Pedro I, em 1831, foram marcados por profunda instabilidade e por urgentes discussões em torno da centralização administrativa e das reformas constitucionais. Pereira (2015) argumenta que a experiência política daqueles anos foi fundamental para reconfigurar a própria percepção do tempo histórico e da representação nacional entre os parlamentares reunidos na Corte do Rio de Janeiro. Foi nesse contexto que Montezuma, eleito deputado suplente pela Província da Bahia, envolveu-se ativamente nas tensões federativas que opunham as províncias ao centralismo na Corte.

O biógrafo francês Sebastien Auguste Sisson (1861), em sua emblemática obra *Galeria dos Brasileiros Ilustres*, registrou o impacto dessa fase inicial na construção da imagem pública de Montezuma. Sisson retrata a figura de Montezuma ainda em vida, enfatizando a sua notável eloquência parlamentar e o seu destemor político como um dos tribunos mais temidos e

respeitados do Primeiro Reinado e da Regência. Na perspectiva de Sisson, a biografia do jurista funde-se com a própria narrativa dos "varões ilustres" que desenharam as instituições do Império do Brasil.

As intensas demandas provinciais e as barganhas parlamentares que caracterizavam o Parlamento oitocentista encontram um exemplo lapidar em uma sessão de 1832, investigada por Oliveira (2015). Durante os debates sobre uma resolução enviada pelo Conselho Geral de São Pedro do Rio Grande do Sul, que solicitava verbas do orçamento nacional para a construção de um chafariz público em Porto Alegre, Montezuma interveio de forma enérgica e provocativa. O deputado baiano asseverou que só votaria a favor do projeto sul-grandense se a Câmara se engajasse a destinar igual quantia para a ereção de um chafariz de igual importância na província da Bahia. Como explica Oliveira (2015), essa atitude não consistia em um mero capricho individual; demonstra como as elites regionais se valiam das esferas do poder central para certificar seus interesses locais, convertendo de forma sofisticada as demandas provinciais em moedas de troca e trunfos políticos na complexa arena nacional.

Esse pragmatismo na conduta parlamentar esteve intimamente associado ao desenvolvimento de um novo vocabulário político no país. Conforme destaca Pereira (2015), os discursos legislativos da década de 1830 consagraram termos como "fatos", "circunstâncias" e "necessidades públicas" como conceitos basilares para fundamentar e demarcar as propostas de reformas institucionais, indicando a necessidade de conciliar a marcha progressiva da liberdade com a manutenção estrita da ordem civil. Leite (2006) associa essa postura moderada e utilitarista à formação jurídica de Montezuma e de seu grupo de liberais moderados, que buscavam inspiração nos modelos institucionais anglo-saxões, especialmente nos tribunais de júri estudados pelo baiano durante sua estada em Londres. Essa anglofilia jurídica, como pontua Leite (2006), buscava instituir reformas paulatinas de forma cautelosa, de modo que o direito e as leis do país se ajustassem ao grau de civilização real da sociedade, garantindo a coesão territorial contra a ameaça constante de fragmentação.

O Pensamento Político e a Crítica ao Modelo Americano

Retornando do exílio europeu ao Brasil, em 1831, em coincidência com a abdicação de D. Pedro I, Montezuma integrou-se ativamente aos debates políticos do agitado período regencial, alinhando-se à corrente dos liberais "exaltados", defensores do regime de monarquia constitucional representativa. Em 1834, publicou sua obra teórica mais relevante, "A liberdade das repúblicas", livro de fôlego dedicado a demonstrar a

inviabilidade e a instabilidade intrínseca do modelo republicano de governo. Inspirado fortemente pelo pensamento de Edmund Burke — especificamente pelas ideias expressas em "Reflexões sobre a Revolução na França" —, Montezuma defendia que a verdadeira liberdade dependia de uma monarquia constitucional sólida, capaz de limitar o poder executivo e resguardar a ordem estabelecida e a tradição (Azevedo, 2005).

A originalidade do livro de Montezuma reside no capítulo final, dedicado a uma minuciosa análise crítica da república dos Estados Unidos da América. A primeira constituição escrita da modernidade (1787) e os ideais democráticos norte-americanos gozavam de imensa simpatia entre os liberais e federalistas brasileiros. No entanto, Montezuma utilizou a realidade norte-americana como o argumento definitivo para desmistificar a pretensa superioridade moral da república. O pensamento de Montezuma, neste ponto, foi radicalmente influenciado pela leitura do panfleto *Appeal*, de David Walker (1829). A obra do alfaiate norte-americano forneceu-lhe o arsenal crítico para desmontar a retórica democrática estadunidense, revelando o fosso entre os ideais constitucionais de igualdade e a realidade brutal da escravidão e da segregação racial que vitimava a população negra, livre ou cativa (Azevedo, 2005).

Montezuma contrapôs a opressão sistemática da "classe de cor" na república norte-americana à igualdade civil formal assegurada pela Constituição do Império do Brasil de 1824. Argumentava o autor que, enquanto nos Estados Unidos a estabilidade da união republicana exigia a exclusão absoluta e a coisificação da população negra e mestiça livre, a monarquia constitucional representativa brasileira, suficientemente sólida em suas instituições, não temia a mais ilimitada igualdade perante a lei para todos os cidadãos nascidos livres ou libertos, independentemente de sua cor ou nascimento. De fato, o texto da Carta de 1824 incluía expressamente os libertos nascidos no Brasil entre os seus cidadãos (Artigo 6º), garantindo-lhes o direito de voto nas eleições paroquiais primárias, embora os excluísse do direito de serem eleitores de segundo grau (Artigo 94) (Azevedo, 2005; Costa, 2020). Essa igualdade formal, cega às "linhas de cor" entre os homens livres, era apresentada por Montezuma como a prova de que a monarquia brasileira era intrinsecamente mais justa e inclusiva que a república do norte (Azevedo, 2005).

O Ministério da Justiça, a Chancelaria de Feijó e a Crise de 1837

A consolidação de Montezuma na alta administração do Império teve seu ápice no ano de 1837, quando foi convidado a assumir os ministérios da Justiça e dos Negócios Estrangeiros sob o conturbado governo regencial de

Diogo Antônio Feijó. Como reconstrói Leite (2006), a Regência Una de Feijó encontrava-se em profunda crise de governabilidade, sitiada por violentas revoltas nas províncias e sob cerrado ataque de oposição do partido conservador. Diante dessa conjuntura de paralisia, Feijó recorreu ao apoio dos liberais moderados reunidos no chamado "Clube da Joana" — grupo articulado nos arredores do palácio imperial por intermédio do influente Mordomo-Mor Paulo Barbosa da Silva —, que contava com Montezuma como uma de suas mentes mais brilhantes e articuladas. Na análise de Machado (2026), essa elite ministerial esposava uma visão de mundo moderada e modernizante, que buscava erigir as bases institucionais do Estado de forma a conter a anarquia e garantir a preservação da soberania e da integridade nacional.

A iminência de rupturas federativas e a gravidade da segurança provincial eram monitoradas de perto pelo Ministério da Justiça. Leite (2006) destaca a correspondência de caráter confidencial enviada a Montezuma em junho de 1837 por Francisco de Souza Paraíso, então presidente da província da Bahia. No ofício, Paraíso alertava o ministro sobre a circulação de boatos desorganizadores que ameaçavam a tranquilidade na capital baiana, apontando que as ideias revolucionárias e separatistas eram sistematicamente disseminadas pelas páginas do recém-fundado jornal *Novo Diário da Bahia*, sob a liderança do médico e jornalista Francisco Sabino. Embora o presidente provincial demonstrasse aparente tranquilidade confiando na disciplina militar, Leite (2006) demonstra que o aviso confidenciava o perigoso cenário conspiratório que eclodiria em novembro daquele ano com a Revolta da Sabinada, expondo o imenso desafio de Montezuma em coordenar as forças de segurança do Império contra os riscos de fragmentação.

No plano externo, a gestão de Montezuma na Chancelaria em 1837 também se caracterizou pela firmeza de suas diretrizes administrativas. Machado (2026) relata que, em nome de uma rigorosa política de austeridade econômica promovida pelo governo imperial, o Ministro dos Negócios Estrangeiros decretou reformas que reduziram de forma drástica os vencimentos e verbas de secretários e adidos das legações brasileiras no Velho Mundo. Anos mais tarde, em uma dessas ironias que marcam a história administrativa, o próprio Montezuma viria a sentir na pele os efeitos de sua antiga canetada de corte de gastos quando foi nomeado para assumir a chefia da Legação imperial na Inglaterra, queixando-se dos elevados custos de subsistência na capital britânica. Não obstante, como conclui Machado (2026), sua passagem pela Chancelaria de Feijó evidenciou sua busca por centralizar a política externa, protegendo o erário público e afirmando os primeiros princípios de nossa diplomacia soberana perante as nações estrangeiras.

A Diplomacia Transatlântica e a Missão em Londres

O início do Segundo Reinado e a ascensão do gabinete liberal em 1840 marcaram o envio de Montezuma para o posto diplomático mais prestigiado e sensível do Império: a Legação em Londres, no qual atuou como Ministro Plenipotenciário até meados de 1841. Conforme assevera Machado (2026), essa missão colocou o Visconde de Jequitinhonha no centro das principais negociações geopolíticas da época, enfrentando temas complexos como a renovação dos tratados comerciais e as crescentes e violentas pressões britânicas pela abolição do tráfico transatlântico de escravizados. O autor também salienta que, embora integrasse um grupo de liberais de forte inclinação anglófila, Montezuma adotou uma postura de altiva defesa da soberania nacional, manifestando-se firmemente no Parlamento contra qualquer tentativa britânica de transformar o Império do Brasil em um mero protetorado inglês.

Uma das maiores e mais inovadoras contribuições de Montezuma na chancelaria transatlântica foi a sua preocupação pioneira com os mecanismos de assessoria de imprensa e diplomacia pública no exterior. Em seus ofícios enviados ao Ministro Aureliano de Souza e Oliveira Coutinho, Montezuma expressou profundo incômodo com as reportagens depreciativas e com o escárnio sistemático com que os jornais ingleses retratavam o Império do Brasil. Como estratégia para neutralizar essa propaganda hostil, Machado (2026) descreve o plano enviado pelo diplomata baiano, sugerindo que o Ministério dos Negócios Estrangeiros assinasse as principais folhas da imprensa britânica e estabelecesse canais formais e financiados de diálogo direto com correspondentes locais no intuito de doutrinar e orientar a opinião pública do Velho Mundo a favor do Brasil.

Na arena comercial, Montezuma pautou sua atuação pela exigência intransigente de reciprocidade nas relações bilaterais. Machado (2026) demonstra como o diplomata orientou a Secretaria de Estado a recusar a renovação do tratado de comércio de 1827 a menos que a Grã-Bretanha reduzisse as pesadas taxas aduaneiras incidentes sobre o açúcar e o café nacionais, que eram vistos como injustos e ofensivos à soberania brasileira. Diante da prepotência inglesa, o autor registra o famoso desabafo de Montezuma em seus despachos diplomáticos, alertando que as potências europeias utilizavam-se de uma moral dualista: “o que é princípio de Direito Público, e das Gentes para o Velho Mundo não o é para o novo!”. Essa firmeza de princípios consagrou sua atuação diplomática como uma barreira contra o colonialismo jurídico e econômico britânico na América do Sul.

A missão de Montezuma na Europa também esteve envolta em momentos de profunda dor pessoal e complexas costuras dinásticas. Machado

(2026) resgata o episódio do falecimento de seu primeiro filho, ocorrido de forma heroica a bordo de uma fragata inglesa que defendia o governo constitucional português contra as forças revoltosas miguelistas no Porto. Essa tragédia pessoal mereceu especial menção e condolências do próprio governo de Portugal que, em correspondência oficial com a Legação brasileira, prestou as devidas homenagens públicas ao diplomata baiano. Além disso, o autor pontua que Jequitinhonha participou ativamente das negociações de casamentos reais para a consolidação do trono, a exemplo do segundo matrimônio de D. Pedro I com D. Amélia de Leuchtenberg e da proposta de aliança dinástica da Princesa D. Januária com a Casa Real Britânica, visando fixar o prestígio e o trânsito do Brasil nas cortes do Velho Mundo.

O Protagonismo Jurídico e a Fundação do IAB e do IHGB

A despeito de sua consagrada carreira no Parlamento, na magistratura e na diplomacia, o verdadeiro legado institucional de Francisco Jê Acayaba de Montezuma reside na sua duradoura contribuição para a organização do campo do direito e da cultura letrada do país. Como bem asseveram Gonçalves (2022) e Machado (2026), o prestígio profissional de Montezuma no foro era anterior e indiscutivelmente superior à sua própria posição política, consagrando-se como um advogado criminalista lendário. Machado (2026) resgata o perfil biográfico elaborado por Américo Jacobina Lacombe (1947), que descreveu Montezuma como um causídico brilhante e incansável, que não conhecia senão triunfos estrondosos nas tribunas cíveis e criminais do país, sendo disputado por gregos e troianos devido à sua impressionante erudição e oratória.

Até a década de 1840, o exercício da advocacia no Brasil pós-independência operava sem uma representação corporativa ou um código deontológico sistematizado. A fundação das Faculdades de Direito de São Paulo (Largo de São Francisco) e de Olinda em 1827 começou a inundar a burocracia estatal de bacharéis, mas carecia-se de uma instituição focada em regulamentar o aperfeiçoamento da ciência do direito.

A profissionalização dos bacharéis em Direito no Brasil oitocentista desenvolveu-se em estreita articulação com a construção do próprio aparelho de Estado imperial. Nesse processo, a atuação de Montezuma foi basilar e fundadora (Bonelli, 1999). Em 7 de agosto de 1843, um pequeno grupo composto por vinte e seis bacharéis reunidos na Corte fluminense fundou o Instituto dos Advogados Brasileiros (IAB). Foi sob a liderança inconteste de Montezuma que se deu a criação da mais importante instituição jurídica do país imperial. Machado (2026) descreve detalhadamente o nascimento do Instituto dos Advogados Brasileiros (IAB) em 28 de agosto de 1843. A

reunião histórica de fundação foi sediada no próprio escritório de advocacia de Montezuma, localizado na antiga rua do Cano (atual rua Sete de Setembro), número 177, no Rio de Janeiro, onde o colegiado funcionou por longos anos. Montezuma presidiu soberanamente o IAB desde sua fundação até o ano de 1851, quando renunciou à presidência para assumir sua cadeira definitiva no Conselho de Estado, recebendo o título vitalício de "Presidente Honorário". Essa profunda ligação de paternidade institucional fez com que a agremiação ficasse eternamente conhecida no meio jurídico nacional como "A Casa de Montezuma", simbolizando o nascimento e a regulamentação profissional da advocacia pátria (Bonelli, 1999; Cunha; Valente Neto, 2020).

Os estatutos do IAB, aprovados pelo Imperador D. Pedro II por intermédio do ministro da Justiça Teixeira de Aragão, estabeleciam como objetivo precípuo do Instituto a criação e a organização da Ordem dos Advogados, visando ao benefício geral da ciência da jurisprudência e à regulamentação do exercício profissional. Sob a liderança de Montezuma, a elite dos bacharéis buscou afirmar seu mérito científico e sua expertise jurídica para fundamentar a indispensabilidade de sua assessoria técnica ao Estado e, simultaneamente, reivindicar o monopólio sobre o credenciamento e a disciplina dos advogados no mercado de trabalho fluminense. O Instituto apresentava-se como uma corporação de elite seleta: para ingressar em seus quadros, exigia-se do candidato a cidadania brasileira, o grau acadêmico de bacharel, probidade moral, conhecimentos profissionais comprovados e a aprovação em escrutínio secreto pelo Conselho Diretor (Bonelli, 1999).

A fim de dignificar a profissão e distingui-la de outros intermediários do foro ("solicitadores" ou "escreventes" informais), Montezuma obteve junto ao monarca importantes prerrogativas de status (Bonelli, 1999; Cunha; Valente Neto, 2020). D. Pedro II concedeu aos membros do IAB o direito de uso de veste talar (toga) nas sessões de julgamento e de assento privilegiado dentro dos cancelos dos tribunais da Corte.

O IAB assumiu dois papéis fundamentais: Órgão Consultivo do Governo Imperial - Prestava pareceres formais sobre projetos de lei, reformas de códigos (civil, comercial e penal) e tratados internacionais; Matriz Institucional da Futura OAB - O artigo 2º dos estatutos do IAB previa expressamente que competia ao Instituto trabalhar para a criação da Ordem dos Advogados do Brasil.

Contudo, a principal meta do Instituto de obter o poder legal para criar a Ordem dos Advogados esbarrou na forte resistência do parlamento imperial. Em 1850, Montezuma pugnou na Câmara de Deputados pela aprovação do projeto de criação da Ordem, sem obter sucesso (Bonelli, 1999; Costa, 2020). Os deputados e juízes togados recusavam-se a ceder sua jurisdição de

credenciamento e disciplina profissional a uma corporação autônoma de advogados, acusando a proposta de se assemelhar à criação de um "Senado vitalício" de privilégios corporativos. Apesar do fracasso legislativo imediato, a "Casa de Montezuma" consolidou-se como o mais importante centro produtor de pareceres jurídicos e legislativos do Império, fornecendo os alicerces teóricos para a organização das leis civis e penais da nação (Bonelli, 1999; Cunha; Valente Neto, 2020). A OAB viria a se concretizar formalmente na década de 1930.

Montezuma também exerceu um papel fundacional como sócio ativo do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro (IHGB), estabelecido em 1838. Machado (2026) destaca como a atuação de Montezuma no IAB, no IHGB e na diplomacia demonstra a articulação comum entre a escrita da história, a diplomacia e a formulação da arquitetura institucional do novo país independente. O renome e a confiança jurídica depositados em sua figura eram de tamanha ordem que ele foi escolhido como defensor e patrono do próprio Patriarca da Independência, José Bonifácio de Andrada e Silva, quando este foi destituído e preso sob a acusação de abuso na tutela de D. Pedro II. Além disso, como demonstra Machado (2026), Montezuma atuou como o principal advogado encarregado de conduzir o complexo inventário dos bens de D. Pedro I após sua abdicação, demonstrando sua autoridade suprema e trânsito inabalável nas mais altas esferas dinásticas e civis da nação.

Olhares sobre o IAB

Na sociologia política de José Murilo de Carvalho (2008), expressa em *A Construção da Ordem*, o papel das elites jurídicas é chave para entender a estabilidade da monarquia brasileira no século XIX. O autor descreve a elite política imperial como um grupo coeso e letrado. Para ele, a formação acadêmica e a socialização institucional desses indivíduos tinham um propósito claro: capacitar uma burocracia eficiente que atuasse como principal agente de coesão nacional, evitando a fragmentação do vasto território.

Dentro do modelo explicativo de Carvalho (2008), a criação do IAB por Montezuma respondeu à necessidade dessa elite de erguer corpos intermediários de auto-organização. O IAB funcionava como um centro de hegemonia intelectual no qual a elite dos bacharéis delimitava as fronteiras do saber técnico, separando o "advogado diplomado" da figura do "rábula" empirista e garantindo que o controle da interpretação das leis permanecesse restrito ao estamento qualificado pelo Estado.

Para Wehling e Wehling (2014), a presidência de Montezuma no IAB simbolizou uma ruptura metodológica. O Instituto, sob sua liderança, deixou

de lado o empirismo judiciário, característico da colonização, para fomentar uma jurisprudência baseada em fundamentos doutrinários e científicos, alinhada ao projeto de Estado nacional.

Para os dois historiadores, homenageados pelo próprio IAB com a Medalha Montezuma em reconhecimento ao seu legado historiográfico, a originalidade de Montezuma esteve em enxergar o IAB não apenas como um sindicato corporativo, mas como um órgão de sistematização e harmonização legislativa. Segundo os dois autores, Montezuma articulou o Instituto para atuar diretamente na transição do ordenamento das antigas Ordenações Filipinas para o direito codificado moderno. O IAB transformou-se, sob a presidência de Montezuma, no principal fórum acadêmico a debater e elaborar pareceres sobre o Código Comercial de 1850 e as propostas de Codificação Civil, aliando a dogmática jurídica à construção da racionalidade do Estado nacional.

Os Paradoxos do Antirracismo e os Limites do Abolicionismo

A apologia feita por Montezuma da igualdade civil brasileira e seu combate ao "preconceito de cor" revelam, contudo, o paradoxo constitutivo das elites intelectuais do Brasil oitocentista (Azevedo, 2005; Cunha; Valente Neto, 2020). Ao mesmo tempo em que defendia a cidadania plena e desracializada dos homens livres "de cor" e denunciava as manobras dos governantes regenciais moderados para restaurar barreiras raciais públicas nas forças militares e nos cargos da administração, Montezuma deparava-se com a barreira intransponível da escravidão. O universalismo das Luzes e os ideais humanitários compartilhados por intelectuais afrodescendentes na maçonaria e na imprensa — como Montezuma e o editor Francisco de Paula Brito — esbarravam na manutenção de um sistema produtivo assentado inteiramente no trabalho forçado e no direito de propriedade (Azevedo, 2005; Costa, 2020).

Montezuma personificava essa ambiguidade de forma dramática. Em sua vida privada, na condição de membro eminente da elite de letrados e juristas da Corte fluminense, o Visconde de Jequitinhonha era ele próprio proprietário de escravizados. Documentos de sua vida pessoal e depoimentos de sua ex-mulher confirmam que o casal possuía uma chácara, uma pedreira e utilizava o trabalho e o aluguel de 14 escravizados domésticos como uma de suas principais fontes de rendimento familiar. Havia, portanto, uma visível cisão entre a teoria jurídica igualitária destinada aos cidadãos livres e a prática econômica senhorial que mantinha homens e mulheres sob a condição de cativos. Esse paradoxo, no entanto, não era individual, mas coletivo: a elite imperial construiu o mito do "paraíso racial brasileiro" ao apagar sistematicamente a presença do escravizado do debate constitucional,

separando a luta contra o preconceito de cor destinada aos livres do combate à escravidão destinada aos cativos (Azevedo, 2005).

Apesar desse limite senhorial, a atuação política de Montezuma no campo do abolicionismo adquiriu relevância de caráter gradualista. Em 1832, em pronunciamento na Assembleia Nacional, o deputado baiano posicionou-se firmemente contra a continuidade do tráfico transatlântico de escravizados africanos para o Brasil, exigindo o cumprimento da lei de 1831 que proibia o comércio negreiro, votada sob pressões britânicas. Décadas mais tarde, na condição de senador e conselheiro de Estado, Montezuma apresentou na Câmara Alta, em meados da década de 1850, projetos de lei que visavam à abolição gradual da escravidão no Império. Ademais, a partir de 1865, esteve entre os primeiros políticos de destaque a exigir publicamente a abertura de debates parlamentares sobre a libertação dos escravizados, antecipando em anos as discussões que resultaram na aprovação da Lei do Ventre Livre em 1871. Sua proposta abolicionista, contudo, assentava-se no pressuposto da transição pacífica e na indenização dos proprietários, de forma a preservar o Estado imperial de convulsões sociais e anarquia (Azevedo, 2005).

O Conselheiro de Estado e os Embates pela Emancipação Gradual

Nas últimas décadas de sua vida pública, ocupando a cadeira vitalícia de Senador e de Conselheiro de Estado ordinário do Império, Montezuma assumiu um papel de vanguarda na luta pelo fim da escravidão e do tráfico de africanos. Integrando uma eminente parcela de intelectuais "de cor" livres que viam no sistema escravista um cancro social incompatível com a civilização, o Visconde de Jequitinhonha dedicou suas últimas forças políticas para formular e aprovar medidas que preparassem a transição jurídica do trabalho servil para o livre. Nesse campo de debates, os historiadores Guimarães e Drumond (2018) argumentam que a atuação de Montezuma esteve sintonizada com as linguagens liberais e democráticas mais radicais de sua época, associando a causa abolicionista a um projeto de cidadania antirracista integrado à soberania popular.

Essa determinação emancipacionista materializou-se no Senado no ano de 1865, quando Montezuma apresentou três projetos de lei pioneiros voltados para a extinção gradual da escravidão no Brasil. Segundo as pesquisas de Gonçalves (2022), o projeto do Visconde de Jequitinhonha, inspirado na experiência e na racionalidade econômica inglesa, propunha a libertação total da população escravizada no prazo geral e irrestrito de 10 a 15 anos. Como estratégia de convencimento moral e persuasão do clero católico, Montezuma traduziu e ofereceu aos padres e fiéis brasileiros a famosa carta do influente Bispo de Orleans, Félix Antoine Philibert Dupanloup (1865), que

denunciava a imoralidade teológica do cativeiro humano. A ousadia desses projetos e sua condição de homem de cor, porém, despertaram a ira reacionária das elites agro-escravistas. Em resposta, seus adversários conservadores publicaram o infame livreto anônimo *A Ressurreição de Jequitinhonha* (1865), um violento libelo de sátiras e versos depreciativos que atacavam de forma cruel as suas propostas e suas características raciais e físicas, expondo as profundas violências do racismo cotidiano que cercavam sua figura.

Contudo, a atuação de maior alcance de Montezuma deu-se nos bastidores do Conselho de Estado ordinário durante a memorável sessão confidencial de abril de 1867, presidida pessoalmente pelo Imperador D. Pedro II. O Pleno do Conselho havia sido convocado para emitir parecer secreto a respeito da proposta imperial de emancipação gradual elaborada por Pimenta Bueno, o Visconde de São Vicente. Investigando as atas desse debate confidencial, Guimarães e Drumond (2018) apontam que Montezuma, cioso de seu isolamento diante de um conselho marcadamente conservador, tomou a palavra de forma corajosa para proferir um parecer exclusivamente oral no qual defendeu de forma apaixonada a abolição imediata e irrestrita como única solução justa. No entanto, como demonstra Gonçalves (2022), ao proferir seu voto definitivo, Montezuma operou com extraordinária habilidade tática: votou a favor da proposta gradual de libertação do ventre das escravizadas, alinhando-se à proposta de Bueno para viabilizar politicamente o avanço legal da causa da liberdade. Esse compromisso tático e sua capacidade de modular o voto de acordo com as circunstâncias reais da política imperial consagraram o Visconde de Jequitinhonha como um dos mais brilhantes e pragmáticos construtores da transição jurídica para o trabalho livre no Brasil.

Montezuma no "Velho Senado" e as Crônicas Machadianas

A memória histórica do Senado do Segundo Reinado foi captada de forma singular pela sensibilidade literária de Machado de Assis (Ferreira, 2018). Em sua conhecida crônica "O Velho Senado" (1898), escrita por ocasião da divulgação de algumas litografias do caricaturista francês Sébastien Sisson, o escritor traçou um retrato vívido dos grandes debates e das personalidades marcantes que dominaram a política nacional por volta do ano de 1860. Dentre os senadores retratados na crônica, destaca-se a figura imponente do Visconde de Jequitinhonha, Francisco Gê Acayaba de Montezuma (Ferreira, 2018).

Machado de Assis descreve o senador baiano como um homem de "velhice robusta", alto, ostentando suíças e compridos bigodes brancos. Ao olhar para aquela figura monumental que preenchia as estreitas cadeiras da Câmara Alta, o cronista afirmava ser-lhe impossível não associar o senador

aos rumores, gestos e paixões da histórica Assembleia Constituinte de 1823, da qual Montezuma fora um dos últimos sobreviventes. Machado destaca que a essência da presença de Montezuma residia na sua oratória veemente e, sobretudo, em sua fina e demolidora ironia, recursos de linguagem com os quais o senador costumava fustigar seus adversários políticos no parlamento (Ferreira, 2018).

Como exemplo dessa veia satírica e altiva, Machado de Assis resgata um célebre episódio ocorrido durante uma prolongada sessão permanente em novembro de 1823. Ao perceber que um dos secretários da mesa havia registrado incorretamente em ata que ele, Montezuma, teria feito referência ao "espírito de Sua Majestade" Imperial, o deputado baiano exigiu a imediata retificação do texto, exclamando de forma irônica: "Eu disse que o Sr. Ministro do Império, por estar ao lado de Sua Majestade, melhor conhecerá o 'espírito da tropa', e um dos senhores secretários escreveu 'o espírito de Sua Majestade', quando não disse tal, porque deste não duvido eu". Essa ousadia linguística e o sarcasmo com que Montezuma demarcava os limites de sua submissão ao soberano eram característicos de sua personalidade parlamentar (Ferreira, 2018).

Outro memorável duelo oratório resgatado pela crônica machadiana opôs o Visconde de Jequitinhonha ao senador paraense Francisco de Sousa Franco, respeitado financista e antigo líder liberal na Câmara dos Deputados. O senador costumava receber com desdém e risos irônicos as críticas dirigidas por Montezuma às suas teses econômicas. Ao perceber o riso de Sousa Franco, Montezuma empinou o busto com altivez e intimou-o em tom imperioso a recolher o riso. Sousa Franco tentou resistir, mantendo a expressão desdenhosa, mas, diante da veemência e da insistência intimidadora de Montezuma — que repetia o estribilho "Recolha o riso o nobre senador!" —, o riso do parlamentar paraense acabou por se recolher sozinho. Esse episódio, estilizado pela verve humorística de Machado de Assis, ilustra a força dramática da oratória de Montezuma e o peso de sua autoridade moral e retórica no Senado imperial (Ferreira, 2018).

Considerações finais

A complexa trajetória de Francisco Jê Acayaba de Montezuma, o Visconde de Jequitinhonha, constitui um capítulo central para a compreensão da história política e jurídica do século XIX no Brasil. As investigações recentes de Gonçalves (2022), Machado (2026) e Castro Júnior (2014) revelam como a sua ascensão institucional desafiou as estruturas de cor e as hierarquias tradicionais de uma elite agro-escravista. Ao renunciar ao seu nome colonial luso-brasileiro em favor de uma identidade nativista,

Montezuma sinalizou de forma pioneira que a verdadeira soberania do país exigia também a afirmação de uma brasilidade autônoma e singular.

A trajetória de Francisco Gê Acayaba de Montezuma constitui uma chave de leitura essencial para a compreensão das especificidades, das conquistas e das contradições que definiram o liberalismo político e a cultura jurídica brasileira no século XIX. Mestiço de origens abastadas, Montezuma soube utilizar sua formação jurídica obtida em Coimbra para galgar os mais elevados postos do Estado imperial, desafiando barreiras raciais implícitas e afirmando a indispensabilidade da expertise dos bacharéis na condução dos negócios públicos (Azevedo, 2005; Bonelli, 1999; Costa, 2020).

Seja na tribuna forense como criador e presidente perpétuo do IAB, seja como chanceler na Regência de Feijó ou Ministro Plenipotenciário na Legação em Londres, sua atuação pautou-se de forma permanente pela defesa inabalável da dignidade individual e da soberania do país contra as ingerências estrangeiras. Nos momentos mais agudos da questão do elemento servil, sua conduta conciliadora e seu refinado pragmatismo político no Conselho de Estado demonstraram que a transição para a liberdade exigia não apenas belas teorias abstratas, mas também a inteligência de saber jogar com as regras e circunstâncias do poder para tornar o amanhã possível. Diante dos arquivos de nossa história, a imagem de Montezuma resplandece como um dos verdadeiros construtores da arquitetura nacional, unindo com maestria a toga do jurista, a pena do intelectual e a chancelaria do diplomata na tarefa permanente de edificar um Brasil soberano, livre e integrado de cidadãos. Como fundador e primeiro presidente do Instituto dos Advogados Brasileiros, lançou os alicerces morais e institucionais da profissionalização da advocacia e do desenvolvimento da jurisprudência nacional.

No entanto, a atuação de Montezuma não esteve isenta de paradoxos profundos. O abolicionista gradual que combatia o tráfico de escravizados na tribuna parlamentar e exigia debates sobre a libertação dos cativos no Senado convivia, na esfera privada, com a condição de proprietário de escravizados, cuja renda familiar dependia do trabalho forçado de catorze indivíduos. Essa contradição exemplifica a fragilidade do liberalismo brasileiro do Segundo Reinado, ideologia que garantia a igualdade civil formal aos homens livres "de cor", ao mesmo tempo em que preservava o direito de propriedade sobre as pessoas escravizadas. Celebrado por Machado de Assis em sua crônica pela veemência de sua oratória e pela precisão de sua ironia, o Visconde de Jequitinhonha encarna, em sua plenitude histórica e literária, o drama e a complexidade de uma elite oitocentista que buscou edificar as instituições da civilização moderna sobre os solos arenosos do escravismo colonial.

A figura de Francisco Gê Acayaba de Montezuma transcende a moldura do jurista oitocentista. Suas múltiplas facetas — tribuno radical na Constituinte de 1823, diplomata, abolicionista precursor no Parlamento e Visconde do Império — revelam as dinâmicas e adaptações vividas pelas lideranças liberais ao longo do século XIX.

Contudo, ao articularmos as leituras de Sisson, Nizza da Silva, Carvalho e do casal Wehling, percebe-se que é na vertente da organização institucional do Direito que seu legado atinge o cume. Ao projetar e fundar o Instituto dos Advogados Brasileiros em 1843, Montezuma não apenas unificou a classe dos bacharéis sob um padrão de rigor ético e científico, como ofereceu ao Estado Imperial um centro de inteligência normativa indispensável à modernização do país.

A perpetuação do epíteto "Casa de Montezuma" para designar o IAB atesta que o projeto normativo do Visconde de Jequitinhonha permanece como um marco perene, servindo de elo vital entre a cultura jurídica oitocentista e os valores do constitucionalismo e da advocacia contemporâneos.

Referências

ANÔNIMO. **A Ressurreição de Jequitinhonha**: Primeira parte (RJ). Rio de Janeiro, 1865.

AZEVEDO, Celia Maria Marinho de. A recusa da "raça": anti-racismo e cidadania no Brasil dos anos 1830. **Horizontes Antropológicos**, Porto Alegre, ano 11, n. 24, p. 297-320, jul./dez. 2005.

BITAR, Murilo do Vale. **Indigenismo e indianismo**: o paradoxo na formação da sociedade brasileira (1549-1950). 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência Política) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

BLAKE, Augusto Victorino Alves Sacramento. **Dicionário Bibliográfico Brasileiro**. Rio de Janeiro: Typographia Nacional, 1883. vol. 2.

BONELLI, Maria da Gloria. O Instituto da Ordem dos Advogados Brasileiros e o Estado: a profissionalização no Brasil e os limites dos modelos centrados no mercado. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, vol. 14, n. 39, p. 61-81, fev. 1999.

BRASIL. Conselho de Estado. **Atas do Conselho de Estado Pleno**: Terceiro Conselho de Estado, 1865-1867. Organização e introdução de José Honório Rodrigues. Brasília: Senado Federal, 1973.

CARVALHO, José Murilo de. A Construção da Ordem: A elite política imperial. Teatro de Sombras: A política imperial. 4. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2008.

CASTRO JÚNIOR, Sebastião Eugenio Ribeiro de. **Francisco Montezuma e os dilemas da mestiçagem e da cidadania na construção do Império do Brasil (c. 1820 - c. 1834)**. Dissertação (Mestrado em História) — Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014.

CASTRO, Pérola Maria Goldfeder Borges de. Contra as "mãos ocultas que violam cartas": O sigilo postal na legislação imperial, nos debates parlamentares, e na prática administrativa brasileira do século XIX. In: **XXIX Simpósio Nacional de História - ANPUH**, Brasília, ST 54, 2017.

COSTA, Caiuby Alves da. O negro na sociedade imperial. In: **Novos mitos e velhas realidades**. Salvador: EDUFBA, 2020, p. 73-79.

CUNHA, Jânio Pereira da; VALENTE NETO, José. Acesso à justiça e o sistema prisional no Brasil. **CONPEDI Law Review**, v. 6, n. 1, p. 196-215, jan./dez. 2020.

DIAS, Luís Augusto Costa. Garrett, João Baptista da Silva Leitão de Almeida (199-1854). **Revista Convergência Lusíada**, Rio de Janeiro, n. 21, p. 376-379, 2005.

DUPANLOUP, Félix Antoine Philibert. **Carta do Exmo. e Revmo. Bispo de Orleans ao Clero de sua Diocese sobre a escravidão**. Tradução de Francisco Gê Acayaba de Montezuma. Rio de Janeiro: Typographia do Diário, 1865.

FERREIRA, Iasmim Santos. **A contaminação irônica na crônica machadiana**: O velho senado. 2018. Dissertação (Mestrado em Letras) - Programa de Pós-Graduação em Letras, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

GONÇALVES, Aline Najara da Silva. **"É para conter os pretos"**: Debates e narrativas sobre a questão do elemento servil no Império do Brasil, 1865-1908. Tese (Doutorado em História) — Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2022.

GUIMARÃES, Juarez; DRUMOND, André. A Longa Temporalidade do Estado Racialista no Brasil. **Mediações**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 123-159, mai./ago. 2018.

INSTITUTO DOS ADVOGADOS BRASILEIROS. História do IAB e seu Patrono: Francisco Gê Acayaba de Montezuma. Rio de Janeiro: Editora IAB, 2018.

LACOMBE, Américo Jacobina. O Visconde de Jequitinhonha. **Revista Brasileira**, Rio de Janeiro, ano VI, n. 19, p. 80-99, junho de 1947.

LEITE, Douglas Guimarães. **Sabinos e Diversos**: emergências políticas e projetos de poder na revolta baiana de 1837. Dissertação (Mestrado em História) — Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

MACHADO, Paulo Fernando Pinheiro. Ideias e Diplomacia: Francisco Gê Acayaba de Montezuma, Visconde de Jequitinhonha. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro**, Rio de Janeiro, v. 187, n. 500, p. 276-318, 2026.

OLIVEIRA, Luciana. Demandas locais e o jogo político na Corte: a atuação provincial na Assembleia Geral. **Revista de História Social**, Ouro Preto, v. 8, n. 15, p. 345-368, jan./jun. 2015.

PEREIRA, Luísa Rauter. "Ao ponto que as necessidades públicas exigem": experiência política e reconfiguração do tempo no debate político brasileiro da década de 1830. **Almanack**, Guarulhos, n. 10, p. 302-313, agosto de 2015.

PULS, Maurício. Antes da Abolição: editores e homens de letras descendentes de escravos. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n. 246, p. 80-83, 2016.

SILVA, Maria Beatriz Nizza da. Cultura e Sociedade no Brasil (1808-1830). São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1999.

SISSON, Sebastien Auguste. Galeria dos Brasileiros Ilustres. Brasília: Senado Federal, 1999 [Original publicado em 1861].

SOUZA, Roberto Acízelo de. Joaquim Norberto e o indianismo. **O Eixo e a Roda**, Belo Horizonte, v. 21, n. 2, p. 15-31, 2012.

VIANNA, Hélio. Francisco Gê Acayaba de Montezuma, Visconde de Jequitinhonha. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro**, Rio de Janeiro, v. 244, p. 104-134, jul./set. 1959.

WEHLING, Arno; WEHLING, Maria José. Formação do Brasil do Século XIX: Direitos, Instituições e Sociedade. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 2014.

Escrita que se sente: o sistema Braille como ferramenta de inclusão e acessibilidade educacional

***Gabriele Franco*[1]**
***Alexandre F. Curato*[2]**

1 Introdução

Este capítulo tem como finalidade relatar o processo de elaboração e de realização de duas edições da oficina "Introdução à Escrita Braille", conduzidas por um estudante bolsista e pela professora orientadora no IFSP – Câmpus Presidente Epitácio.

O sistema Braille é constituído por combinações de seis pontos em relevo, organizados em duas colunas de três pontos, que permitem representar letras, números, sinais de pontuação e símbolos empregados em diferentes áreas do conhecimento. Entretanto, sua aprendizagem não se reduz à memorização das combinações que formam os caracteres. Trata-se do desenvolvimento de uma prática de leitura e escrita que exige percepção tátil, orientação espacial, coordenação motora fina, compreensão da lógica do sistema e uso significativo em situações comunicativas.

A proposta das oficinas ultrapassou o ensino das combinações de pontos que constituem os caracteres do sistema Braille. Embora a aprendizagem da leitura e da escrita táteis tenha ocupado lugar central nas atividades, o projeto também promoveu a reflexão sobre práticas cotidianas de acolhimento e inclusão. Conhecer o Braille significou, nesse contexto, aproximar-se da maneira como a pessoa com deficiência visual acessa informações, organiza sua vida e interage com os espaços, o que permitiu aos participantes reconhecer os desafios que, muitas vezes, permanecem despercebidos por quem enxerga.

[1] Doutora em Filologia e Língua Portuguesa e mestra em Língua Espanhola e Literaturas Espanhola e Hispano-Americana pela Universidade de São Paulo (USP). Graduada em Letras pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Especialista em Braille e Tecnologias Assistivas (UNIFAVENI). Docente do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Câmpus Jundiaí. *E-mail*: gabriele.franco@ifsp.edu.br
[2] Discente do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Câmpus Presidente Epitácio, e bolsista de iniciação científica, com atuação em pesquisa sobre o sistema Braille, inclusão e acessibilidade educacional. *E-mail*: a.curato@aluno.ifsp.edu.br

Assim, o Braille foi apresentado não somente como um sistema de leitura e escrita, mas também como um caminho para discutir acessibilidade, privacidade, independência e pertencimento. Ao longo das atividades, os participantes foram convidados a rever atitudes, experimentar outras formas de perceber o ambiente e compreender como gestos aparentemente simples podem favorecer — ou dificultar — o acolhimento. Desse modo, as oficinas transformaram a aprendizagem dos sinais em um ponto de partida para uma reflexão mais ampla: o que significa, na prática, construir um espaço verdadeiramente acessível e inclusivo?

2 Embasamento teórico e perspectivas adotadas na elaboração das oficinas

A elaboração das oficinas foi orientada por uma concepção de formação que articula conhecimento técnico, reflexão sobre a inclusão e experiência prática. Nessa perspectiva, o ensino introdutório do sistema Braille não se restringiu à apresentação da cela e das combinações de pontos que formam os caracteres, mas foi concebido como oportunidade para discutir acessibilidade, autonomia, acolhimento e responsabilidade coletiva na construção de ambientes educacionais inclusivos.

Para fundamentar essa proposta, foram consultadas produções acadêmicas e documentos normativos relacionados a quatro eixos principais: inclusão escolar e acolhimento das pessoas com deficiência; princípios e procedimentos de leitura e escrita em Braille; complementaridade entre o sistema Braille e as tecnologias assistivas digitais; e direitos assegurados pela legislação brasileira. Esses referenciais contribuíram tanto para a definição dos conteúdos quanto para a escolha das estratégias didáticas e para a organização das experiências práticas desenvolvidas nas oficinas.

A articulação entre esses eixos permitiu compreender o Braille não apenas como um código de escrita, mas como recurso de acesso à linguagem escrita, à informação, à privacidade e à participação social. Ao mesmo tempo, possibilitou situar seu ensino no contexto mais amplo das barreiras físicas, comunicacionais, pedagógicas, tecnológicas e atitudinais que ainda limitam a participação das pessoas com deficiência visual nos espaços educacionais.

Com base nessa compreensão, as oficinas buscaram associar a aprendizagem dos fundamentos do sistema Braille à reflexão sobre práticas cotidianas de inclusão. A experiência tátil com os instrumentos de escrita foi, portanto, acompanhada de discussões sobre formas de comunicação, organização dos ambientes, uso de recursos tecnológicos e atitudes capazes de favorecer a autonomia, sem confundir acolhimento com tutela.

2.1 Inclusão educacional, acessibilidade e acolhimento

A proposta de elaboração das oficinas parte do princípio de que a inclusão escolar não se realiza apenas pela presença física de estudantes com deficiência em espaços comuns. Ela requer mudanças nas formas de ensinar, comunicar, avaliar, organizar ambientes e estabelecer relações. Essa perspectiva foi embasada nas obras de: Mantoan (2003); Silva e Pimentel (2022); e Oliva (2016).

Mantoan (2003) defende uma compreensão de inclusão que interroga a própria organização escolar e as práticas que produzem exclusão. Para a autora, a responsabilidade não pode ser transferida exclusivamente aos serviços especializados ou ao estudante: a instituição e sua comunidade precisam rever procedimentos e criar condições de participação.

Ao investigar as vivências de estudantes com deficiência visual, Silva e Pimentel (2022) identificam barreiras físicas, atitudinais, didático-pedagógicas, tecnológicas e de acesso aos materiais. As experiências relatadas demonstram que o ingresso na instituição não garante, por si só, pertencimento, autonomia ou aprendizagem. A escuta dos próprios estudantes é indispensável para compreender obstáculos que podem permanecer invisíveis para quem não os vivencia.

Oliva (2016), ao analisar a escolarização de uma estudante com deficiência visual, evidencia como práticas aparentemente corriqueiras podem funcionar como barreiras: escrever na lousa sem verbalizar, ditar rapidamente, não adaptar atividades ou presumir que uma explicação foi compreendida. O estudo também mostra que muitas transformações inclusivas dependem menos de investimentos elevados do que de planejamento, descrição objetiva, disponibilidade para perguntar e revisão de hábitos naturalizados.

2.2 Reflexões sobre o ensino do Sistema Braille

Como embasamento teórico para ensinar o sistema braille recorreu-se às obras de: Mendes (2017); Moraes (2014); Oliveira e Melo (2019); Santos e Leite (2024); e Silva, Oliveira e Patella (2023).

Mendes (2017) assinala que o ensino do Braille deve ocorrer de modo gradual, por meio do contato contínuo com materiais escritos e de práticas relacionadas aos interesses e às experiências dos aprendizes. Essa perspectiva desloca o foco de exercícios mecânicos e isolados para uma progressão que parte da familiarização com a cela Braille e avança para letras, palavras, frases e pequenos textos. A leitura tátil, nessa abordagem, é construída pela

recorrência, pela exploração orientada e pela atribuição de sentido ao que se lê e se escreve.

Moraes (2014), com base em sua experiência como aprendiz, usuária e professora do sistema, reforça a importância de atividades preparatórias relacionadas à percepção tátil, à lateralidade, à orientação espacial e às habilidades de pré-leitura. O ensino precisa considerar o ritmo do aprendiz, a necessidade de mediação e a concretude dos materiais.

A literatura consultada também relaciona o Braille à alfabetização, ao domínio da escrita convencional e à inclusão das pessoas com deficiência visual (Oliveira; Melo, 2019; Santos; Leite, 2024; Silva; Oliveira; Patella, 2023). Essa relação é particularmente importante porque o acesso auditivo a um texto não equivale, em todos os aspectos, ao contato direto com sua materialidade linguística. A escrita Braille possibilita observar convenções ortográficas, sinais, segmentação, disposição e organização, ao mesmo tempo em que amplia as possibilidades de registro autônomo.

Também é importante destacar o papel do Braille para a autonomia e a privacidade das pessoas com deficiência visual, pois seu domínio permite realizar anotações pessoais, identificar objetos e acessar informações sem depender constantemente de terceiros ou de dispositivos digitais. No ambiente escolar, por exemplo, embora o piso tátil contribua para o deslocamento pelo campus, a identificação precisa de cada sala ou espaço requer também sinalização adequada em Braille nas portas. Desse modo, a acessibilidade não se limita à mobilidade, mas envolve a possibilidade de reconhecer, compreender e utilizar os espaços com independência, privacidade e segurança.

Portanto, como referencial teórico adotou-se a perspectiva de que a escrita Braille amplia a autonomia e preserva a privacidade da pessoa com deficiência visual, ao possibilitar que leia, escreva e registre informações sem depender da mediação de terceiros ou do acesso a dispositivos tecnológicos. Ao mesmo tempo, os recursos digitais complementam o Braille e diversificam as possibilidades de comunicação e acesso à informação.

2.3 Uso de recursos digitais e experiência tátil da escrita Braille: uma relação de complementaridade

O avanço das tecnologias assistivas alterou profundamente as formas de acesso à informação. Leitores de tela, smartphones, computadores e documentos digitais permitem navegar, estudar, comunicar-se e produzir textos com rapidez. No projeto, foram considerados especialmente o

VoiceOver, o Jieshuo e o NonVisual Desktop Access (NVDA), recursos usados pelo estudante bolsista para acessar conteúdos em celulares e computadores. Esses programas evidenciam a potência da mediação sonora e sua importância para a vida acadêmica.

Ao mesmo tempo, o uso frequente de recursos digitais produziu certo distanciamento da escrita manual em Braille. É essencial que os alunos conheçam e dominem as duas modalidades de acesso. Desse modo, recursos digitais podem favorecer a compreensão inicial da cela, da numeração dos pontos e das combinações que formam os sinais.

Contudo, quando a aprendizagem permanece predominantemente visual ou baseada em interfaces de tela, não contempla integralmente o reconhecimento tátil nem os procedimentos motores próprios da escrita Braille. Por essa razão, nas oficinas adotou-se o princípio de que tecnologias digitais e instrumentos tradicionais devem ser articulados conforme os objetivos de aprendizagem, sem que um recurso seja tomado como substituto universal do outro.

2.4 Marcos normativos e responsabilidade institucional

A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, Lei nº 13.146/2015, constitui referência para a garantia da igualdade de oportunidades, da acessibilidade, da educação inclusiva e do acesso à informação e à comunicação (BRASIL, 2015). Ao reconhecer a deficiência na interação entre impedimentos e barreiras, o marco legal desloca a análise da limitação individual para as condições sociais e institucionais que restringem a participação.

A Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva orienta os sistemas de ensino a assegurarem acesso, participação e aprendizagem, com a educação especial atuando de forma transversal e oferecendo serviços e recursos de acessibilidade (BRASIL, 2008). Essa diretriz sustenta ações formativas que envolvam toda a comunidade acadêmica, pois a construção de ambientes inclusivos depende tanto de recursos especializados quanto da qualificação das práticas cotidianas.

Dessa forma, as oficinas desenvolvidas no projeto foram concebidas nesse cruzamento entre direito, formação e experiência. O ensino introdutório do Braille funcionou como porta de entrada para uma discussão mais ampla sobre autonomia, comunicação e barreiras atitudinais. Assim, aprender a formar caracteres não foi tratado como finalidade isolada, mas como

oportunidade de compreender a materialidade de outro sistema de escrita e de refletir sobre a responsabilidade compartilhada pela acessibilidade.

3 Metodologia das oficinas

Com base nos referenciais teóricos e normativos consultados, a oficina foi estruturada em três etapas articuladas, nas quais se integraram contextualização histórica, aprendizagem prática do sistema Braille e reflexão sobre acessibilidade, acolhimento e autonomia. A seguir, são apresentadas e discutidas as atividades desenvolvidas em cada uma dessas etapas.

Na primeira etapa, realizou-se uma contextualização histórica sobre a trajetória de Louis Braille, seus desafios para a criação do sistema, sua consolidação e sua difusão no Brasil e em outros países. O objetivo não era produzir uma narrativa biográfica exaustiva, mas situar o Braille como conquista histórica ligada à educação, à circulação da informação, à participação social e à autonomia das pessoas com deficiência visual. Nessa etapa, destacou-se também a atuação pioneira de Louis Braille, que, como pessoa com deficiência visual, assumiu um papel ativo na construção de soluções voltadas às necessidades de seu próprio grupo. Ao desenvolver um sistema de leitura e escrita mais prático e acessível do que o sistema vigente na época e defender sua adoção como método de ensino, Braille fez valer sua voz e tornou-se referência na promoção de uma educação que reconhece as experiências, os desafios e as necessidades das pessoas com deficiência visual.

Na segunda etapa, foram apresentadas a estrutura da cela Braille, a disposição e a numeração dos seis pontos e as combinações utilizadas na formação dos caracteres. As atividades avançaram do reconhecimento das posições das letras para a composição de sílabas, palavras e pequenos parágrafos. Essa progressão retomou as contribuições de Mendes (2017) e Moraes (2014), privilegiando uma aproximação gradual, concreta e significativa.

A terceira etapa foi dedicada à reflexão sobre acessibilidade, acolhimento e barreiras atitudinais, com ênfase em situações cotidianas de convivência e comunicação com pessoas com deficiência visual. Por meio de exemplos e questionamentos, os participantes foram convidados a analisar comportamentos que, embora frequentemente entendidos como formas de cuidado, podem limitar a autonomia, causar constrangimento ou dificultar a orientação da pessoa.

Entre as situações discutidas, destacou-se o uso de instruções vagas ou dependentes de referências visuais. Expressões como “venha para cá”, “vá

para aquele lado" e "cuidado com o degrau" não fornecem informações espaciais suficientes para um deslocamento seguro. Como alternativa, foram apresentadas orientações mais objetivas, formuladas a partir da posição da própria pessoa, como "vire à direita", "vire à esquerda", "à sua frente, há um degrau para subir" ou "há um degrau para descer". A atividade evidenciou que a precisão da linguagem constitui uma dimensão importante da acessibilidade, pois favorece a compreensão do ambiente e a tomada autônoma de decisões.

Também se discutiu que o acolhimento não deve ser confundido com tutela. Oferecer auxílio sem consultar a pessoa, conduzi-la fisicamente sem consentimento ou presumir previamente o que ela é ou não capaz de realizar são atitudes que podem produzir dependência e reforçar estereótipos. Por isso, enfatizou-se que qualquer ajuda deve começar com uma pergunta dirigida à própria pessoa, reconhecendo-a como interlocutora e respeitando suas preferências: é necessário verificar se o auxílio é desejado e, em caso afirmativo, perguntar como ele deve ser oferecido. Dessa forma, a etapa buscou demonstrar que práticas efetivamente inclusivas dependem não apenas de boa intenção, mas também de conhecimento, comunicação adequada e respeito à autonomia.

Na parte final, os participantes foram organizados em grupos e utilizaram modelos de reglete e de punções, além da máquina Perkins para produzir caracteres, palavras e pequenas mensagens. A orientadora e o estudante bolsista circularam entre os grupos, demonstrando procedimentos, esclarecendo dúvidas e apoiando o manuseio. A organização coletiva permitiu contato com diferentes instrumentos e favoreceu a troca entre participantes sem transformar a atividade em competição ou prova de desempenho. Foram realizadas duas edições da oficina.

A primeira edição ocorreu em 19 de junho de 2026, com duração de duas horas e foi oferecida prioritariamente aos estudantes dos Cursos Técnicos Integrados. O horário favoreceu especialmente a participação de estudantes do Ensino Médio. Após a atividade, os registros e as dificuldades observadas foram discutidos, o que levou a pequenos ajustes nos materiais, nas explicações e na condução das dinâmicas. A revisão concentrou-se na clareza da sequência, na distribuição do tempo e no acompanhamento da parte prática.

A segunda edição foi realizada em 26 de junho de 2026, com duração de duas horas e trinta minutos e foi oferecida somente aos estudantes do Curso de Licenciatura em Pedagogia. Com o objetivo de ampliar a participação de estudantes do Ensino Superior, a oficina foi oferecida durante o horário regular de aula. O contato dos licenciandos com o sistema Braille foi associado a questões de sua futura atuação docente, como descrição de

conteúdos visuais, planejamento de atividades acessíveis e acolhimento de estudantes com deficiência visual.

Previamente à divulgação, foi solicitada autorização à direção do campus. Além disso, as oficinas foram registradas no Sistema Unificado de Administração Pública (SUAP), sistema que também permitiu emitir certificados para os participantes e para a equipe responsável.

4 Resultado das oficinas

As oficinas favoreceram uma aproximação inicial da comunidade acadêmica com o sistema Braille e com questões relacionadas à experiência educacional das pessoas com deficiência visual. Mais do que produzir caracteres, palavras ou pequenas mensagens, os participantes foram convidados a reconhecer a complexidade envolvida na aprendizagem da leitura e da escrita táteis e a relacioná-la às condições concretas de acesso à linguagem escrita. A experiência prática evidenciou que a acessibilidade não resulta apenas de boa vontade, mas requer materiais adequados, tempo, orientação, planejamento e conhecimento das necessidades das pessoas envolvidas.

As discussões sobre comunicação e oferta de auxílio também permitiram transformar situações cotidianas em objeto de reflexão. Ao comparar expressões vagas, dependentes de referências visuais, com indicações espaciais precisas, os participantes puderam perceber como a linguagem pode favorecer ou dificultar a orientação e a autonomia. Da mesma forma, perguntar antes de ajudar foi apresentado como uma atitude de respeito à capacidade de escolha da pessoa, e não como mera formalidade. Essa reflexão mostra-se relevante porque as barreiras atitudinais frequentemente se manifestam em comportamentos naturalizados, inclusive quando motivados pela intenção de cuidar ou proteger.

A realização de uma segunda edição, precedida pela análise da primeira, constituiu outro resultado relevante do processo. As dificuldades observadas orientaram ajustes nos materiais, nas explicações, na distribuição do tempo e na condução das atividades. Esse movimento demonstrou a importância de compreender ações formativas como processos passíveis de avaliação e aperfeiçoamento: observa-se a participação, registram-se os obstáculos, reformula-se e reaplica-se a proposta. Além disso, a inserção da segunda oficina no contexto da Licenciatura em Pedagogia favoreceu a articulação entre a aprendizagem do sistema Braille e a reflexão sobre práticas docentes inclusivas.

A experiência também evidenciou a importância de preservar a dimensão tátil no ensino do sistema Braille. Plataformas e recursos digitais podem apoiar a compreensão da cela, ampliar o acesso a conteúdos e facilitar a comunicação, mas não reproduzem integralmente procedimentos como a orientação espacial do papel, o posicionamento da reglete, a pressão exercida pelo punção e o reconhecimento dos pontos em relevo. A aprendizagem torna-se mais significativa quando diferentes formas de mediação são articuladas e os participantes podem relacionar explicações orais, representações visuais, produção manual e leitura tátil.

Essa constatação permite contestar dois entendimentos reducionistas: considerar o Braille obsoleto diante dos leitores de tela ou, em sentido oposto, desvalorizar as tecnologias digitais porque elas não substituem a escrita tátil. No contexto acadêmico, esses recursos desempenham funções distintas e complementares. A acessibilidade é ampliada quando a pessoa dispõe de alternativas e pode escolher, de acordo com suas necessidades e com a atividade realizada, entre Braille, síntese de voz, ampliação, áudio, texto digital acessível ou a combinação dessas modalidades.

Cabe ressaltar, contudo, que os resultados apresentados são parciais e predominantemente qualitativos. Os registros disponíveis documentam o desenvolvimento das ações, as escolhas formativas e as observações realizadas pelos responsáveis, mas não incluem indicadores quantitativos de participação nem instrumentos estruturados de avaliação das aprendizagens e das percepções dos participantes. Dessa maneira, não se pretende generalizar os efeitos das oficinas nem lhes atribuir mudanças duradouras sem que sejam realizadas investigações posteriores. A aplicação de instrumentos avaliativos e o acompanhamento dos participantes em futuras edições poderão oferecer dados mais consistentes sobre as contribuições e os limites da proposta.

A experiência desenvolvida no IFSP – Câmpus Presidente Epitácio indica, portanto, que a difusão do sistema Braille pode constituir uma ação simultaneamente técnica, pedagógica e institucional. Trata-se de uma ação técnica porque envolve o conhecimento da cela, dos caracteres e dos instrumentos de leitura e escrita; pedagógica, porque exige organização progressiva, mediação e atenção aos diferentes modos de aprender; e institucional, porque coloca em discussão as condições de acesso, participação, autonomia e acolhimento oferecidas às pessoas com deficiência visual.

Em resposta à questão formulada na introdução, construir, na prática, um espaço acessível e inclusivo significa ultrapassar tanto a simples presença física da pessoa com deficiência quanto a disponibilização isolada de recursos. Significa identificar e eliminar barreiras, planejar práticas acessíveis,

comunicar-se de maneira objetiva, escutar as necessidades individuais e respeitar a autonomia e as escolhas de cada pessoa. Trata-se de uma responsabilidade contínua e compartilhada por toda a comunidade acadêmica, que deve rever procedimentos, atitudes e formas de organização para assegurar condições efetivas de acesso, participação, aprendizagem e pertencimento.

Referências

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. **Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)**. Brasília, DF, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. Brasília, DF: MEC/SEESP, 2008.

MANTOAN, Maria Teresa Eglér. **Inclusão escolar**: o que é? por quê? como fazer? São Paulo: Moderna, 2003.

MENDES, Fátima Aparecida Gonçalves. Ensino do Braille: estratégias de leitura. **Revista Saberes Universitários**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 57-69, mar. 2017.

MORAES, Rachel Maria Campos Menezes de. Sistema Braille: aprendizagem, uso e ensino. **Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, ano 20, edição especial, p. 62-69, nov. 2014.

OLIVA, Diana Villac. Barreiras e recursos à aprendizagem e à participação de alunos em situação de inclusão. **Psicologia USP**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 492-502, set./dez. 2016.

OLIVEIRA, Josélia de Jesus Araujo Braga de; MELO, José Carlos de. Sistema Braille no processo de ensino-aprendizagem das pessoas com deficiência visual: da Educação Infantil ao Ensino Superior. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 4, ed. 10, v. 13, p. 63–73, out. 2019. Acesso em: 12 mar 2026. Disponível em: https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/sistema-braille

SANTOS, R. B.; LEITE, F. R. O sistema Braille como mecanismo para a alfabetização de pessoas com deficiência visual. **BIBLOS – Revista do Instituto de Ciências Humanas e da Informação**, v. 37, n. 2, p. 93–102, 2024. DOI: 10.14295/biblos.v37i2.16196.

DA SILVA, Érica; DE OLIVEIRA, P. M.; PATELLA, M. B. A importância do sistema braille no processo de ensino aprendizagem e inclusão das pessoas com deficiência visual e baixa visão. **Litteras**, [S. l.], v. 8, n. 1, p.

29–46, 2023. Disponível em: https://periodicos.unisantacruz.edu.br/index.php/inlitteras/article/view/352. Acesso em: 13 set. 2026.

SILVA, Jailma Cruz; PIMENTEL, Adriana Miranda. A inclusão no Ensino Superior: vivências de estudantes com deficiência visual. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Bauru, v. 28, p. 121-138, 2022. DOI: 10.1590/1980-54702022v28e0012.

Entre o Social e o Sujeito: Diálogos com a Teoria Crítica, Psicanálise e Educação

***Francine Bastos Cacace Alvares Ferreira*[1]**

Pensar a Educação implica considerar que aquilo que acontece no interior das instituições educacionais não se encerra em seus limites. As formas de ensinar, aprender e estabelecer relações são atravessadas pelas condições históricas e sociais do seu tempo. É nesse horizonte que a tríade Psicanálise, Educação e Teoria Crítica encontra espaço na contemporaneidade, pois nos fornece elementos essenciais para compreender a sociedade, a cultura e as novas formas de se relacionar dos sujeitos.

Em tempos em que, segundo Birman (2022, p. 7), "a subjetividade foi virada de ponta-cabeça", a escola encontra-se imersa em um contexto cujas contradições perpassam os seus muros e assolam quaisquer tentativas de produção do desejo. Trata-se de um espaço que mantém uma relação dialética com a sociedade. Ao mesmo tempo em que reproduz suas assimetrias, também pode se constituir como espaço de transformação. Compreendê-la exige um olhar que tome o cotidiano escolar em sua universalidade, entendendo-o como totalidade viva, atravessada por dimensões sociais, políticas, institucionais e subjetivas. Nesse movimento, o cotidiano deixa de ser apenas cenário e passa a ser compreendido como campo de possibilidades, conforme propõe Lefebvre (1991). Para tanto, ampliar epistemologicamente os referenciais que auxiliam na apreensão desses atravessamentos requer entrelaçar caminhos voltados ao esclarecimento e à emancipação.

Essa compreensão nos instigou à realização de um levantamento de trabalhos acadêmicos na BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações), utilizando-se os descritores "Educação" e "Teoria Crítica" e "Psicanálise". A busca inicial retornou 48 registros. O critério de seleção consistiu na identificação de elementos que indicassem os três eixos teóricos, mediante a leitura atenta dos resumos e das palavras-chave. Após a identificação de duas duplicidades, permaneceram 46 pesquisas, das quais 29 organizavam-se a partir de articulações de pares (Psicanálise e Teoria Crítica; Psicanálise e Educação; ou Educação e Teoria Crítica). Os 17 trabalhos

1 Mestranda em Educação pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), campus Sorocaba. *E-mail*: francinebcaferreira@gmail.com

restantes apresentaram elementos que permitiram reconhecer ou indicar a interlocução entre os três campos, embora com diferentes níveis de aproximação.

Um ponto de convergência relevante nessas pesquisas é que o fio condutor reside justamente em compreender os fenômenos educacionais sem dissociar o que é produzido socialmente daquilo que se manifesta na constituição subjetiva dos sujeitos.

Os autores de referência mais frequentes são Theodor Adorno, na Teoria Crítica, e Sigmund Freud, na Psicanálise. A contribuição freudiana incide sobre a constituição psíquica e as formas como os sujeitos lidam com o mal-estar social, destacando-se obras como "O mal-estar na cultura" (1930), "Psicologia das massas e análise do Eu" (1921), "Sobre o narcisismo: uma introdução" (1914), "Três ensaios sobre a teoria da sexualidade" (1905) e "Além do princípio de prazer" (1920). Adorno, como pensador da Teoria Crítica, mobiliza em seus textos questões como as condições sociais, as formas de dominação e as possibilidades de emancipação dos sujeitos. Entre os textos recorrentes que trazem essas questões estão "Educação e emancipação" e "Dialética do esclarecimento" (1947), este último escrito em parceria com Max Horkheimer.

Além dessas obras, encontramos nos referenciais dos trabalhos textos como "Sobre a relação entre sociologia e psicologia", "A psicanálise revisada" e "Teoria freudiana e o padrão da propaganda fascista", nos quais a interlocução de Adorno com a Psicanálise aparece de maneira mais explícita. A presença desses escritos reforça uma aproximação que não se reduz ao uso paralelo dos dois referenciais, mas encontra na própria produção adorniana elementos para pensar as relações entre indivíduo e sociedade.

A convergência entre Freud e Adorno identificada nos trabalhos encontra um de seus pontos de sustentação justamente na impossibilidade de compreender o indivíduo separado da sociedade. Em Freud, o psiquismo não se constitui à margem da cultura e das relações estabelecidas com o outro. Em Adorno, o indivíduo tampouco pode ser concebido fora das determinações históricas e sociais que participam de sua formação. A recorrência desses autores não parece acontecer de maneira aleatória. Nos trabalhos analisados, suas contribuições reúnem aquilo que se produz nas estruturas sociais e as maneiras pelas quais essas determinações atravessam as subjetividades. Nessa articulação, a Educação passa a ser pensada não apenas pelos fenômenos que se manifestam em seu cotidiano, mas pelas condições sociais e subjetivas que os constituem. Apesar desse ponto de partida comum, os objetos investigados percorrem múltiplos caminhos do campo educacional: formação docente, currículo, escuta, inclusão, preconceito, sexualidade, sofrimento, tecnologias

digitais, violência e militarização nas escolas. Essa diversidade não dispersa necessariamente o campo investigado; ao contrário, revela os diferentes lugares em que as tensões entre sociedade e sujeito se manifestam na Educação.

A partir dessas análises, os objetos das pesquisas foram agrupados em quatro grupos: 1) formação e processos educativos; 2) relações e conflitos no cotidiano educacional; 3) cultura e tecnologias; e 4) processos sociais e políticos que atravessam a Educação.

No primeiro eixo, dedicado à formação docente, percebem-se diferentes modos de articulação. Camilio (2021), ao discutir os espaços de escuta na instituição escolar e sua relação com a formação, problematiza a própria escuta a partir de Freud e Adorno, ponderando que escutar, por si só, não produz um efeito emancipatório. Nechio (2012) também toma a escuta como objeto, aproximando Psicanálise, Educação e Teoria Crítica para pensá-la em sua relação com a subjetividade e a política. Nascimento (2019) mobiliza a Psicanálise e a Teoria Crítica para pensar um currículo emancipatório, demonstrando que a dimensão histórico-social é insuficiente para alcançar os conflitos psíquicos, assim como uma leitura exclusivamente psíquica não esgota as determinações sociais da formação. Fazilari (2010) se aproxima desse núcleo ao relacionar Educação, desejo, autonomia e subjetivação, enquanto Bessa (2023) estabelece um diálogo explícito entre Teoria Crítica frankfurtiana, Freud e a Educação, voltando-se para a formação e a constituição do sujeito. O sofrimento relacionado ao trabalho docente também aparece nesse conjunto. Tomassini (2023), ao investigar o mal-estar de professores da rede estadual paulista, recorre à Teoria Crítica, especialmente a Adorno, e às contribuições psicanalíticas de Freud e Ferenczi para compreender o sofrimento dos professores sem dissociar suas dimensões sociais e psíquicas.

Apesar da heterogeneidade de categorias — desejo, escuta, currículo, formação e sofrimento —, observa-se que a formação docente aparece constantemente tensionada pela relação entre adaptação e emancipação.

Um movimento singular é realizado por Mercadante (2014), que analisa a relação histórica entre Psicanálise e Educação a partir da obra de Arthur Ramos, no contexto da Higiene Mental e da Escola Nova. Nesse estudo, Adorno oferece o referencial crítico para interrogar a apropriação da Psicanálise pelo campo educacional, deslocando a análise da dinâmica escolar para a problematização histórica da incorporação desse saber.

No eixo dedicado ao preconceito, à inclusão e às diferenças, a articulação teórica entre Psicanálise, Teoria Crítica e Educação muda sua

função. Ela passa a contribuir para a compreensão de por que questões como medo, preconceito e exclusão persistem nas relações escolares, mesmo quando institucionalmente existe um discurso favorável à inclusão. Mattos (2014) explicita isso ao investigar o medo e o preconceito na inclusão escolar recorrendo à Teoria Crítica de Adorno para discutir as determinações sociais relacionadas ao preconceito e à Psicanálise para apreender os aspectos subjetivos que participam das relações estabelecidas com aquele que é percebido como diferente. Reis (2016) aborda gênero e sexualidade na Educação Infantil, articulando a leitura adorniana sobre as relações entre sociedade, formação e discriminação, enquanto Freud é mobilizado para contribuir com sua teoria sobre a sexualidade infantil. Barroso (2020) faz movimento semelhante ao focalizar grupos historicamente marginalizados no Ensino Superior e na relação professor-aluno. Em todos esses casos, a existência formal da inclusão não neutraliza, por si só, os processos sociais e subjetivos que alimentam o preconceito e a exclusão.

Nas pesquisas sobre tecnologia, cultura e subjetividade, as questões da contemporaneidade estão bastante presentes. Lopes (2013) examina as relações entre professor-aluno mediadas pelas tecnologias digitais e discute a indústria cultural. Santos (2016) faz uma reflexão próxima à de Lopes, apontando a cultura digital como espaço de produção e circulação de representações da docência, permitindo discutir afetos, humor, tabus e hostilidade nas relações entre aluno e professor. Prioste (2013) discute a subjetividade juvenil frente ao acesso tecnológico e à manipulação psicológica. Tanto Lopes quanto Prioste tratam as tecnologias digitais não apenas por sua utilização pedagógica, mas também por seus efeitos nos vínculos e na subjetividade. Teixeira (2018), por sua vez, além de fazer considerações que corroboram questões como a alienação por meio da cultura digital, utiliza os jogos como ferramenta educativa.

A tecnologia digital, como um atravessamento da contemporaneidade, não é compreendida, nas pesquisas analisadas, como objeto neutro que simplesmente entra na Educação. Ela integra as formas culturais que incidem sobre vínculos, formação e constituição subjetiva.

No tocante à violência e à barbárie, os trabalhos de Barros (2003) e Saito (2024) demonstram que tais fenômenos ultrapassam as questões estritamente pedagógicas e surgem como expressão dos processos sociais e subjetivos. Barros (2003) nos permite refletir sobre a importância da Educação nesse processo de resistência à barbárie. Utiliza-se da Teoria Crítica para compreender as condições sociais que produzem e reproduzem formas de violência e dominação, enquanto a Psicanálise contribui para a compreensão dos processos psíquicos envolvidos nessas manifestações. Saito (2024)

investiga uma questão bastante específica quando aborda as escolas cívico-militares e a militarização da Educação. Nesse caso, a articulação entre Psicanálise e Teoria Crítica permite que a militarização seja interrogada para além de sua organização institucional, trazendo à reflexão questões ideológicas, de disciplina, formas de adesão e processos subjetivos. Pinto (2016), por outro caminho, aproxima Educação crítica e Psicanálise ao discutir as possibilidades de emancipação do sujeito toxicômano, trazendo para o campo educacional uma problemática que também exige considerar as relações entre sujeito e sociedade.

A relação que se estabelece nesses trabalhos, portanto, é que os fenômenos analisados não se restringem ao cotidiano escolar. Eles também podem estar relacionados às formas de organização social, à autoridade, à adaptação e às condições que favorecem a barbárie.

A diversidade dos objetos encontrados nos trabalhos reconduz à concepção do cotidiano proposta por Lefebvre (1991). Pensá-lo como totalidade implica não reduzir o que acontece nas instituições educacionais a fenômenos isolados. Formação, sofrimento, preconceito, violência, tecnologias e relações estabelecidas entre os sujeitos acontecem no mesmo cotidiano, inscritos em uma realidade histórica e social que lhes confere sentido. Nesse olhar para o cotidiano, podemos pensar como o universal se inscreve no individual, expressando-se nas experiências, nos impasses e nos modos como os sujeitos lidam com a autoridade, com as normas e com a alteridade.

A leitura conjunta dessas produções permite, portanto, aproximar objetos que, tomados isoladamente, pertencem a investigações distintas, mas que, quando observados em conjunto, revelam diferentes manifestações das contradições presentes no cotidiano educacional. É nesse sentido que o cotidiano pode ser compreendido para além do lugar em que os acontecimentos simplesmente se sucedem. Ele é também o espaço em que as contradições sociais se materializam nas práticas, nas relações e nas formas como os sujeitos experienciam aquilo que lhes acontece.

O levantamento evidencia que a interlocução entre Teoria Crítica, Psicanálise e Educação está presente na produção acadêmica, porém de maneira dispersa e mobilizada a partir de objetos específicos. Embora os trabalhos analisados revelem uma preocupação recorrente em compreender conjuntamente as determinações sociais e os processos subjetivos presentes nos fenômenos educacionais, permanece menos explorada uma leitura que tome o cotidiano educacional em sua complexidade, considerando simultaneamente os diferentes atravessamentos sociais, culturais, institucionais e subjetivos que nele se manifestam.

A recorrência dos textos de Freud e Adorno abordados nos trabalhos sugere que, para falar de barbárie, mal-estar, subjetividade e sofrimento, é necessário considerar as tensões que se estabelecem entre indivíduo e sociedade e entre as determinações sociais e a constituição subjetiva, para então pensar as possibilidades de emancipação e esclarecimento.

A contemporaneidade, tal como descrita por Birman (2022), nos convoca a buscar novos meios de lidar com as relações e com o modo de estar no mundo. Escancara uma realidade criada com base em referenciais e diretrizes que se dissolveram por conta desses atravessamentos. O que se vê, na verdade, é que essa realidade, essas diretrizes que pareciam não comportar o fracasso, falharam. Suas "ranhuras e lacunas", como define Birman, permitiram a entrada de um novo contexto em que o tempo se perdeu e o espaço passou a ser o lugar da repetição, onde o aqui e o agora acontecem já, imediatamente. Não há mais tempo para a construção da subjetividade, para suportar a dor, o sofrimento. O sofrimento precisa de tempo, o tempo que não se tem... O isolamento, o ensimesmar-se, o "solipstar-se" caminham juntos nesse lugar de desamparo, onde o desejo encontra dificuldades para emergir, levando o sujeito ao adoecimento.

A escuta perde espaço para as respostas imediatas em uma sociedade atravessada pela lógica fetichista, na qual as próprias relações tendem a assumir formas cada vez mais efêmeras. O que demanda tempo para ser compreendido cede lugar à urgência de nomear, responder e solucionar. Jappe (2019) radicaliza a crítica ao demonstrar como a lógica social pode alcançar a própria relação do sujeito consigo e com o outro: "O sofrimento, a destruição e a morte, tanto de outrem como do próprio, deixam então de constituir um meio para realizar um objetivo pertencente à ordem dos interesses da vida, passando a ser um fim" (Jappe, 2019, p. 260).

Sob esse aspecto, a escuta pode assumir outra dimensão. Não se trata de transportar para a Educação a escuta própria da clínica psicanalítica, tampouco de compreendê-la apenas como disponibilidade para ouvir aquilo que o outro diz. Pensada no interior da interlocução que os trabalhos analisados permitem constituir, a escuta pode representar uma disposição para não reduzir imediatamente aquilo que emerge no cotidiano a categorias previamente estabelecidas. Escutar um fenômeno educacional implica, nesse sentido, interrogá-lo antes de explicá-lo, considerando tanto a trama social que ele se constitui quanto as formas singulares pelas quais ele se manifesta nos sujeitos.

Essa perspectiva ganha relevância quando o que chega à Educação tende a ser rapidamente nomeado, classificado ou encaminhado. O sofrimento pode ser individualizado, o conflito transformado em problema de

comportamento, a dificuldade escolar reduzida ao desempenho e as tensões produzidas pelas tecnologias tratadas apenas como questões de uso ou de controle. Uma leitura que se sustente na articulação entre a Teoria Crítica e a Psicanálise não elimina a necessidade de respostas ou encaminhamentos, mas coloca em questão a rapidez com que eles podem encerrar aquilo que precisa ser compreendido. A escuta passa, assim, a operar menos como resposta e mais como condição para que a própria pergunta possa permanecer aberta por algum tempo.

Diante disso, cabe-nos indagar: se é esse sujeito que chega à escola, o que acontece quando a Educação continua tentando responder a ele com categorias, tempos e procedimentos que já não alcançam essas transformações? É necessária uma leitura do cotidiano educacional capaz de escutar esses diferentes fenômenos como manifestações relacionadas às transformações sociais e subjetivas da contemporaneidade.

Essa constatação não significa que a articulação entre esses campos seja inexistente, como demonstraram os próprios trabalhos analisados. O que se evidencia é a possibilidade de ampliar essa interlocução para uma leitura do cotidiano educacional que não fragmente o que nele se manifesta. Violência, sofrimento, preconceito, dificuldades nas relações, transformações provocadas pelas tecnologias e tantas outras questões que chegam às instituições educacionais não acontecem isoladamente, tampouco podem ser compreendidas apenas como problemas individuais ou estritamente pedagógicos. São manifestações que carregam as marcas de seu tempo e encontram nos sujeitos formas singulares de expressão.

É nesse ponto que a aproximação entre Teoria Crítica, Psicanálise e Educação pode encontrar outras possibilidades. Se a primeira nos permite interrogar as contradições históricas e sociais que produzem determinadas formas de existência, a Psicanálise contribui para compreender como elas atravessam os sujeitos sem que sejam reduzidos a simples efeitos do social. À Educação cabe lidar cotidianamente com o que emerge desse encontro. Não se trata, portanto, de transpor conceitos de um campo para outro, mas de sustentar uma interlocução capaz de ampliar as possibilidades de compreensão do que acontece nas instituições educacionais.

Talvez seja justamente diante da urgência que marca a contemporaneidade que essa aproximação se torne ainda mais necessária. Quando tudo parece exigir respostas imediatas, escutar pode significar interromper a pressa de responder. Não para permanecer imóvel diante dos problemas, mas para compreender aquilo que os constitui antes de transformá-los em procedimentos, diagnósticos ou respostas previamente estabelecidas. Portanto, pensar a Educação entre o social e o subjetivo é abrir frestas para

que o cotidiano não seja apenas um lugar de repetição e adaptação, mas também de crítica, esclarecimento e possibilidade de emancipação.

Referências

ADORNO, Theodor W**. A psicanálise revisada**. *In*: ADORNO, Theodor W. Ensaios sobre psicologia social e psicanálise. Tradução de Verlaine Freitas. São Paulo: Editora Unesp, 2015. p. 43-69.

ADORNO, Theodor W. **Educação e emancipação**. São Paulo: Paz e Terra, 2020.

ADORNO, Theodor W.; HORKHEIMER, Max. **Dialética do esclarecimento: fragmentos filosóficos.** Tradução de Guido Antonio de Almeida. Rio de Janeiro: Zahar, 1985.

ADORNO, Theodor W. Sobre a relação entre sociologia e psicologia. *In*: ADORNO, Theodor W. **Ensaios sobre psicologia social e psicanálise**. Tradução de Verlaine Freitas. São Paulo: Editora Unesp, 2015. p. 71-135.

ADORNO, Theodor W**.** Teoria freudiana e o padrão da propaganda fascista. *In*: ADORNO, Theodor W. **Ensaios sobre psicologia social e psicanálise**. Tradução de Verlaine Freitas. São Paulo: Editora Unesp, 2015. p. 153-190.

BARROS, Carlos César. **A relação entre psicologia e educação na luta contra a barbárie**. 2003. 127 f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. DOI: 10.11606/D.48.2003.tde-20092006-233435. Acesso em: 20 ago. 2026.

BARROSO, Raiana Vaz. **Inclusão social na Universidade Federal de Goiás: possibilidades e desafios na relação professor-aluno**. 2020. 118 f. Dissertação (Mestrado em Psicologia) — Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020. Disponível em: http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/10582. Acesso em: 20 ago. 2026.

BESSA, Márcia Cristina Fernandes Pereira. **A teoria crítica frankfurtiana, Freud e a educação**. 2023. 145 f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Escola de Formação de Professores e Humanidades, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2023. Disponível em: https://tede2.pucgoias.edu.br/handle/tede/4961. Acesso em: 19 ago. 2026.

BIRMAN, Joel. **O sujeito na contemporaneidade: espaço, dor e sofrimento**. 4. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2022.

CAMILIO, Ana Paula Rossi Silva. **Espaços de escuta e instituição escolar: possibilidades para formação docente**. 2021. 103 f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufla.br/handle/1/46835. Acesso em: 18 ago. 2026.

FAZILARI, Fernanda. **A educação na fronteira entre o desejo e a autonomia: dos percursos (im)possíveis**. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2010. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/90062. Acesso em: 18 ago. 2026.

FREUD, Sigmund. **Além do princípio de prazer** (1920). Belo Horizonte: Autêntica, 2020.

FREUD, Sigmund. O mal-estar na cultura (1930). *In*: FREUD, Sigmund. **Cultura, sociedade, religião: o mal-estar na cultura e outros escritos**. Belo Horizonte: Autêntica, 2020. p. 305-410.

FREUD, Sigmund. Psicologia das massas e análise do Eu (1921). *In*: FREUD, Sigmund. **Cultura, sociedade, religião: o mal-estar na cultura e outros escritos**. Belo Horizonte: Autêntica, 2020. p. 137-233.

FREUD, Sigmund. Sobre o narcisismo: uma introdução (1914). *In*: FREUD, Sigmund. **A história do movimento psicanalítico, artigos sobre metapsicologia e outros trabalhos** (1914-1916). Rio de Janeiro: Imago, 1996. v. XIV.

FREUD, Sigmund. Três ensaios sobre a teoria da sexualidade (1905). *In*: FREUD, Sigmund. **Um caso de histeria, três ensaios sobre sexualidade e outros trabalhos** (1901-1905). Rio de Janeiro: Imago, 1996. v. VII.

JAPPE, Anselm. **A sociedade autofágica: capitalismo, desmesura e autodestruição**. 1. ed. Lisboa: Antígona, 2019.

LEFEBVRE, Henri. **A vida cotidiana no mundo moderno**. São Paulo: Ática, 1991.

LOPES, Ana Helena Ribeiro Garcia de Paiva. **O olhar do aluno mediado pelas tecnologias digitais: o YouTube e a (re)definição da relação pedagógica**. 2013. 185 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) — Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/2694. Acesso em: 19 ago. 2026.

MATTOS, Nicoleta Mendes de. **Inclusão e docência: a percepção dos professores sobre o medo e preconceito no cotidiano escolar**. 2014. 280 f. Tese (Doutorado em Educação e Contemporaneidade) — Programa de Pós-

Graduação em Educação e Contemporaneidade, Universidade do Estado da Bahia, Salvador, 2014. Disponível em: https://saberaberto.uneb.br/handle/20.500.11896/2662. Acesso em: 20 ago. 2026.

MERCADANTE, Jefferson. **A psicanálise entre a higiene mental e a escola nova na obra de Arthur Ramos: contribuições à história da educação no Brasil**. 2014. 153 f. Dissertação (Mestrado em Educação Escolar) — Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Letras, Araraquara, 2014. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/123200. Acesso em: 20 ago. 2026.

NASCIMENTO, Mauro Antônio do. **Filosofia em atos e as contribuições da teoria crítica para a fundamentação de um currículo emancipatório**. 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) — Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/12189. Acesso em: 19 ago. 2026.

NECHIO, Douglas Egidio Gomes. **A formação da escuta: subjetividade e política**. 2012. 98 f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2012. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/90213. Acesso em: 18 ago. 2026.

PINTO, Rômulo Fabriciano Gonzaga. **As contribuições da educação crítica para a emancipação do sujeito toxicômano**. 2016. 236 f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Educação, Goiânia, 2016. Disponível em: http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/5656. Acesso em: 21 ago. 2026.

PRIOSTE, Cláudia Dias. **O adolescente e a internet: laços e embaraços no mundo virtual**. 2013. 361 f. Tese (Doutorado em Educação) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. DOI: 10.11606/T.48.2013.tde-21052013-113556. Acesso em: 21 ago. 2026.

REIS, Mariana Cristina Lima. **A atuação dos professores de educação infantil em relação ao gênero: sexualidade infantil, discriminação social e relações de poder**. 2016. 140 f. Dissertação (Mestrado em Educação: História, Política, Sociedade) — Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação: História, Política, Sociedade, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: https://tede2.pucsp.br/handle/handle/19211. Acesso em: 22 ago. 2026.

SAITO, Gabriel Katsumi. **Militarização da educação: ideologia e utopia do radicalismo de direita**. 2024. 258 f. Tese (Doutorado em Psicologia

Escolar e do Desenvolvimento Humano) — Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024. DOI: 10.11606/T.47.2024.tde-04042025-145233. Acesso em: 21 ago. 2026.

SANTOS, Jussimária Almeida dos. **Teoria crítica, educação e infância: (im)possibilidades formativas nas tramas da indústria cultural**. 2016. 113 f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016. Disponível em: http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/6338. Acesso em: 22 ago. 2026.

TEIXEIRA, Yves de Andrade e. **Para além dos limites dos jogos eletrônicos: ampliando as possibilidades educacionais**. 2018. 114 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação) — Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufla.br/handle/1/29002. Acesso em: 22 ago. 2026.

TOMASSINI, Marcelo Goes. **O mal-estar dos professores da rede de ensino estadual de São Paulo**. 2023. 259 f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Universidade Federal de São Paulo, Guarulhos, 2023. Disponível em: https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/69339. Acesso em: 22 ago. 2026.

O Estágio Curricular Supervisionado no Curso de Licenciatura em Pedagogia: Pesquisa e Práxis na Formação Inicial

***Jane Shirley Escodro Ferretti*[1]**
***Sueli de Sá Giovani*[2]**

1 Introdução

O debate contemporâneo sobre a formação inicial de professores no Brasil exige uma constante revisão epistemológica das dinâmicas que articulam a teoria acadêmica e o trabalho docente nas escolas de Educação Básica. Historicamente, o Estágio Curricular Supervisionado tendeu a ocupar um papel periférico ou meramente ilustrativo nas matrizes curriculares de Pedagogia. Sob a influência de paradigmas tecnicistas e funcionalistas, a experiência prática foi frequentemente fragmentada em um conjunto de procedimentos formais, focados na acumulação de conteúdos teóricos ou na simples reprodução mecânica de rotinas preexistentes.

Essa concepção tradicional desconsidera a complexidade e a dimensão humana inerentes ao cotidiano escolar. A escola não pode ser compreendida como um laboratório neutro de aplicação de esquemas conceituais elaborados na universidade, nem o licenciando como um receptor passivo de rotinas cristalizadas. Como assinala Miranda (2008), a Psicologia da Educação e as teorias pedagógicas adquirem sentido pleno apenas quando problematizam a relação dialética entre teoria e prática, impedindo que a formação se resuma à transmissão estanque de conhecimentos desvinculados dos processos reais de desenvolvimento subjetivo e social.

Diante disso, torna-se premente reconfigurar o estágio para que ele se efetive como campo de conhecimento e espaço de pesquisa sobre a prática. Essa transição paradigmática requer superar a concepção de estágio como mera observação imitativa e assumi-lo como "ponto de partida e ponto de chegada" das teorizações pedagógicas. O estágio supervisionado constitui um momento privilegiado para a promoção do autoconhecimento, do

[1] Doutora em Educação pela UNICAMP. Graduada em Letras e Pedagogia. *E-mail:* janeferretti@terra.com.br
[2] Mestre em Administração pela UNIMEP. Especialista em Administração Escolar e Graduada em Pedagogia. *E-mail:* suelisagiovani@gmail.com

conhecimento do outro e da construção compartilhada de saberes, em que as situações concretas da vida escolar são submetidas a uma análise sistemática e intencional.

O presente artigo tem como objetivo aprofundar a reflexão sobre o Estágio Curricular Supervisionado como espaço de práxis e investigação na Licenciatura em Pedagogia. A metodologia fundamenta-se em uma pesquisa bibliográfica, de caráter reflexivo-crítica. A discussão articula as contribuições teóricas consagradas de Freire (1996), Pimenta e Lima (2004), Tardif (2002) e Santos (2002), complementando com a formação reflexiva em Ferry (2004, 2008), a relação teoria-prática em Miranda (2008) e os pressupostos da equilibração cognitivo-afetiva inspirados na perspectiva genética de Piaget (1976). Pretende-se, assim, demonstrar a importância do estágio no desenvolvimento da autonomia, da reflexividade crítica e da identidade profissional do educador.

2 Superando o Cumprimento Burocrático do Estágio Curricular

A trajetória histórica do estágio nos cursos de formação inicial frequentemente convergiu para o denominado "modelo da ilusão prática" ou imitação acrítica do fazer docente. Nessa perspectiva, pressupunha-se que a aprendizagem da profissão ocorria prioritariamente pela cópia de gestos, técnicas e condutas de profissionais tidos como "modelos". Essa abordagem reprodutiva afasta o licenciando do saber-fazer e do saber-estar reflexivos, gerando uma apropriação superficial da docência que negligencia a criatividade, a autoeficácia e o desenvolvimento dos valores constitutivos do ser educador.

A crítica de Santos (2002) revela que o estágio transita habitualmente entre possibilidades formativas e descaminhos institucionais. Os descaminhos manifestam-se no instante em que as exigências formais se sobrepõem ao conteúdo pedagógico, convertendo a vivência escolar em um rito burocrático de preenchimento de documentos e contagem de horas. Quando a formação desconsidera a singularidade e a totalidade humana dos sujeitos no contexto escolar, o estagiário tende a enfrentar conflitos severos e barreiras quanto às dissonâncias cognitivas — isto é, o choque entre as teorias idealizadas na universidade e a dinâmica contraditória da sala de aula.

Para superar a mera execução mecânica de tarefas, Ferry (2004) postula que a formação implica um trabalho contínuo do sujeito sobre si mesmo, no qual o indivíduo se apropria de suas experiências para desenvolver novas formas de agir em situações singulares. Do ponto de vista do desenvolvimento cognitivo e epistemológico, expressos nos fundamentos de

Piaget (1976), a desconstrução de certezas e a superação dessas dissonâncias ocorrem por meio de processos dialéticos de assimilação e acomodação. Diante da novidade e dos conflitos do cotidiano escolar, o sujeito é impelido a reorganizar suas estruturas conceituais internas, construindo novos esquemas de ação pedagógica.

Sob o olhar da pedagogia crítica, o currículo não se limita a um repositório estático de conhecimentos acumulados; ele abrange atitudes, valores e uma postura política engajada. Conforme os postulados de Freire (1989, 1996), o processo formativo exige uma "leitura de mundo" que antecede e acompanha a leitura da palavra. O estágio, portanto, precisa tornar-se uma prática dialógica de decodificação sociocultural, situando o futuro professor como um agente transformador dotado de autoconhecimento e sensibilidade social.

É nessa direção que Pimenta e Lima (2004) propõem uma virada conceitual indispensável: o estágio como campo de conhecimento e atitude de pesquisa. Segundo as autoras:

> O estágio deixa de ser um curso de aplicação teórica e passa a ser uma disciplina de síntese, um campo de conhecimento que se constrói na articulação entre a teoria que o aluno traz da universidade e a prática que ele observa e vivencia na escola. (Pimenta; Lima, 2004, p. 42).

Pesquisar a prática durante o estágio não significa elaborar estudos acadêmicos descontextualizados da ação concreta. Trata-se de adotar um método reflexivo para interpretar a complexidade da instituição escolar. Investiga-se a gestão, a diversidade cultural, os fatores socioeconômicos, os modos de aprendizagem e as relações interpessoais. Essa postura crítica consolida a educação integral do futuro profissional, contemplando tanto a dimensão intelectual quanto a afetiva, ético-política e subjetiva do pedagogo.

3 A Construção da Práxis e a Mobilização dos Saberes Docentes

A superação da dicotomia entre a teoria acadêmica e a prática escolar desemboca na consolidação da práxis pedagógica. Em termos fundamentais, a práxis distancia-se tanto do "teoricismo" — a contemplação conceitual isolada do real — quanto do "praticismo" — a ação ativista desprovida de intencionalidade e embasamento crítico. A práxis é a ação consciente, refletida e transformadora da realidade.

Na abordagem de Freire (1996), a reflexão crítica sobre a prática constitui um requisito inafastável do ato educativo. O autor adverte que o ensino sem a devida vigilância epistemológica reduz a docência ao mero adestramento ou à reprodução acrítica das estruturas de dominação social. Como pontua o educador:

> É na atitude de indagação, de busca, de dúvida, que o sujeito se descobre capaz de conhecer. A reflexão crítica sobre a prática se torna uma exigência da relação Teoria/Prática sem a qual a teoria pode virar blá-blá-blá e a prática, ativismo. (Freire, 1996, p. 22).

A ação docente intencional exige a criação de mecanismos de reflexividade que permitam ao licenciando acolher os conhecimentos dos professores e valorizar o repertório cultural trazido pelos educandos. A docência não decorre de aptidões inatas ou de vocação mística; é uma profissão de natureza complexa, ancorada em um conjunto plural e heterogêneo de saberes.

Analisando a constituição desses conhecimentos, Tardif (2002) assinala que a epistemologia da prática docente integra diferentes fontes do saber, as quais não se organizam de forma homogênea. O autor sintetiza esses conhecimentos em quatro categorias fundamentais:

- **Saberes da formação profissional:** conhecimentos provenientes das ciências da educação e das metodologias pedagógicas transmitidos pelas instituições de ensino superior;
- **Saberes disciplinares:** conhecimentos específicos integrados aos campos das ciências, letras e artes;
- **Saberes curriculares:** programas, objetivos e diretrizes operacionais formulados pelos sistemas de ensino;
- **Saberes experienciais:** conhecimentos emergentes do trabalho cotidiano, desenvolvidos pelos professores no confronto direto com as contingências da sala de aula e da cultura escolar.

O Estágio Curricular Supervisionado nos Cursos de Licenciatura em Pedagogia atua como o espaço vital de convergência e reorganização dessa tipologia de saberes. Conforme sustenta Tardif (2002), os saberes experienciais exercem um papel de validação crítica sobre os demais saberes, visto que é no agir pedagógico que o futuro docente testa, ressignifica e mobiliza as construções teóricas da universidade.

Ao integrar a reflexão de Freire (1996) e os esquemas de reorganização cognitiva previstos pela teoria piagetiana (Piaget, 1976), a formação no estágio impede que a experiência descambe para o *habitus* rotineiro ou conservador, promovendo o constante reequilíbrio entre o saber acadêmico e a ação prática.

4 O Impacto do Estágio na Reconfiguração da Identidade do Pedagogo

A construção da identidade profissional do pedagogo reflete um processo contínuo e multifacetado, envolvendo a assimilação de saberes técnicos, éticos e políticos. O estágio curricular supervisionado atua como o principal divisor de águas nessa trajetória, promovendo a transição consciente da condição de estudante universitário para a de docente e gestor dos processos educativos.

Observa-se que Pimenta e Lima (2004) ressaltam que a identidade profissional não é uma propriedade fixa, outorgada tacitamente pela obtenção do diploma universitário. Trata-se de uma edificação histórica, moldada pelas memórias escolares do indivíduo, suas escolhas, decisões, representações sociais e, essencialmente, pelas experiências vivenciadas no decorrer da formação inicial. O estágio curricular abre um espaço institucionalizado para que o licenciando experimente a tomada de decisão e desconstrua percepções romantizadas ou estigmatizadas acerca da profissão.

Nesse sentido, as reflexões de Santos (2002) apontam para a importância decisiva de estabelecer pontes de colaboração horizontal entre as universidades e as redes públicas de Educação Básica. A superação dos descaminhos do estágio curricular depende do rompimento com relações hierárquicas e burocráticas. A universidade não deve enxergar a escola como um mero receptáculo para aplicação de teorias, nem a escola deve perceber a universidade como um espaço puramente abstrato e distante da realidade prática.

O estágio curricular no Curso de Licenciatura em Pedagogia demanda um pacto de coformação, no qual professores da Educação Básica e estagiários estabeleçam trocas profissionais de mútuo enriquecimento. A vivência da sala de aula impõe, cotidianamente, dilemas éticos, metodológicos e socioemocionais inéditos. A rigidez no desenvolvimento da aprendizagem, como se fosse um tutorial a ser seguido, mostra-se incapaz de responder à diversidade dos sujeitos no cenário educacional contemporâneo.

Diante disso, a atitude investigativa trabalhada durante o estágio curricular dota o pedagogo da capacidade epistemológica de examinar

criticamente a própria atuação, assegurando os recursos necessários para um agir autônomo, transformador e metodologicamente fundamentado.

5 Considerações finais

O percurso analítico desenvolvido neste artigo reafirma a necessidade premente de defender o Estágio Curricular Supervisionado nos cursos de Licenciatura em Pedagogia como espaço fundamental de pesquisa, reflexão analítica e práxis emancipatória. Superar as abordagens tradicionais que reduzem essa etapa ao cumprimento burocrático de cargas horárias ou à reprodução acrítica de modelos é condição prévia para a consolidação de uma formação docente libertadora.

As contribuições de Pimenta e Lima (2004) evidenciam que o estágio necessita constituir-se como campo de conhecimento e atitude investigativa, no qual a realidade escolar é submetida a um rigoroso exame teórico. Esse entendimento dialoga diretamente com os princípios de Freire (1989, 1996), ao postular que a reflexão crítica sobre a prática e a "leitura de mundo" são as alavancas da autonomia e da ética pedagógica, evitando o ativismo desprovido de intencionalidade.

A teorização de Tardif (2002) sobre os saberes docentes, articulada à concepção de trabalho sobre si mesmo proposta por Ferry (2004, 2008) e aos processos de reorganização conceitual analisados por Piaget (1976) e Miranda (2008), ilumina a complexidade do fazer pedagógico. Essa integração demonstra que o estudo teórico produzido na universidade precisa dialogar com a didática viva do cotidiano escolar, conferindo aos saberes experienciais o estatuto de validação e ressignificação contínua. Paralelamente, os alertas de Santos (2002) indicam o estabelecimento de parcerias orgânicas entre a universidade e a Educação Básica, superando o isolamento institucional.

Além disso, é preciso considerar que as transformações da sociedade contemporânea — marcadas pela aceleração tecnológica e por crises de valores — impõem profundas revisões no papel do professor e nos métodos de ensino. Essa conjuntura coloca em pauta questões estruturais e históricas: como são formados os próprios docentes universitários? De que modo as políticas públicas e as instituições externas têm incentivado e valorizado a experiência formativa para além das exigências burocráticas, econômicas e mercadológicas?

Em suma, a formação inicial do pedagogo não pode prescindir da vivência prática investigativa. Reconfigurar o estágio curricular supervisionado significa garantir ao futuro educador não um conjunto estático

de regras pedagógicas, mas a capacidade crítica e autônoma de investigar sua própria prática, ressignificar seus saberes e atuar conscientemente na transformação da realidade educacional brasileira.

Referências

FERRY, Gilles. *L'agir pédagogique: la recherche en éducation*. Paris: PUF, 1983. In: PERRENOUD, Philippe *et al.* (org.). **Formando professores profissionais**: quais estratégias? Quais competências? 2. ed. rev. Porto Alegre: Artmed, 2001.

FERRY, Gilles. **O enquadramento das tarefas educativas: ensino, formação, pesquisa**. Tradução de Rosa Maria Boaventura. São Paulo: Loyola, 2008.

FERRY, Gilles. **Levar à prática a formação: o formador diante do seu próprio desenvolvimento**. Tradução de Lúcia Maria de Moraes. São Paulo: Loyola, 2004.

FREIRE, Paulo. **A importância do ato de ler**: em três artigos que se completam. 23. ed. São Paulo: Cortez, 1989.

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

MIRANDA, Marília Gouvea de. A Psicologia da Educação na perspectiva da relação teoria e prática. *In*: MIRANDA, Marília Gouvea de (org.). **Psicologia da Educação**: leituras complementares. Goiânia: UCG, 2008.

PIAGET, Jean. **A equilibração das estruturas cognitivas**: problema central do desenvolvimento. Tradução de Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

PIMENTA, Selma Garrido; LIMA, Maria Socorro Lucena. **Estágio e docência**. São Paulo: Cortez, 2004.

SANTOS, Lucíola Licínio de C. P. O estágio na formação inicial de professores: possibilidades e descaminhos. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 23, n. 81, p. 77-86, dez. 2002.

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

O Sistema Nacional de Educação Cubano: Políticas, Indicadores e Formação Docente em Perspectiva Comparada com o Brasil

***Beatriz Maria de Paula Silva*[1]**
***Bruna Lammoglia*[2]**

Introdução

Os sistemas educacionais são constituídos em contextos históricos, políticos, econômicos e sociais específicos, de modo que a comparação entre diferentes países pode contribuir para a compreensão das escolhas realizadas na formulação e implementação de políticas públicas educacionais. No contexto latino-americano, Cuba apresenta características particulares, tanto pela organização predominantemente estatal de seu sistema educacional quanto pelos resultados alcançados em diferentes indicadores de escolarização, alfabetização e desempenho acadêmico.

A experiência cubana despertou interesse de pesquisadores que buscaram compreender os fatores associados aos resultados educacionais do país. Entre esses estudos, destaca-se o trabalho de Carnoy (2009), que compara aspectos estatísticos, históricos e sociais dos sistemas educacionais de Cuba, Brasil e Chile e discute elementos relacionados ao desempenho dos estudantes cubanos. Ao mesmo tempo, a análise do sistema cubano exige considerar suas especificidades históricas, políticas e econômicas, evitando a transposição direta de suas políticas para realidades distintas.

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo analisar características do Sistema Nacional de Educação Cubano, com ênfase nas políticas educacionais, nos indicadores de desempenho e na formação de professores, estabelecendo aproximações e contrastes com o contexto educacional brasileiro. A comparação não pretende determinar a superioridade de um sistema em relação ao outro, mas identificar características, resultados e

[1] Graduada do Curso de Licenciatura em Matemática do IFSP - Campus Salto. *E-mail*: beamariaaps@gmail.com
[2] Professora do IFSP Campus Salto. Doutora em Educação Matemática. *E-mail*: bruna@ifsp.edu.br

desafios que permitam refletir sobre políticas públicas educacionais e sobre as condições em que elas são desenvolvidas.

A análise contempla a organização do sistema educacional cubano, o financiamento da educação, indicadores de escolarização e aprendizagem, resultados relacionados à educação matemática e aspectos da formação e do trabalho docente. O Brasil é utilizado como principal referência comparativa por constituir uma realidade latino-americana marcada por características econômicas, sociais e político-administrativas distintas daquelas encontradas em Cuba.

Procedimentos metodológicos

A pesquisa possui natureza qualitativa e caracteriza-se como bibliográfica e documental. O levantamento bibliográfico contemplou livros, artigos científicos e trabalhos acadêmicos relacionados à educação cubana, à formação de professores e às políticas educacionais de Cuba e do Brasil. Entre as referências utilizadas destaca-se a obra de Carnoy (2009), cuja investigação comparativa entre Cuba, Brasil e Chile constitui uma das principais bases teóricas do estudo.

A pesquisa documental compreendeu a análise de legislação educacional brasileira, documentos institucionais cubanos, relatórios e bases de dados de organismos internacionais, especialmente da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), do Banco Mundial e do Sistema de Informação de Tendências Educacionais na América Latina (SITEAL). Foram considerados ainda dados provenientes de avaliações educacionais e documentos oficiais relativos à formação e às condições de trabalho docente.

Como fonte complementar, foi analisado o documentário *Vai pra Cuba, Eduardo!* (Baroni, 2024), produzido pelo Instituto Conhecimento Liberta. Por se tratar de produção audiovisual de caráter não acadêmico, seu conteúdo foi considerado como fonte complementar para a compreensão de aspectos sociais e educacionais observados no país, não sendo utilizado isoladamente como evidência para as conclusões da pesquisa.

A análise foi organizada em três eixos principais: a estrutura e as políticas do sistema educacional cubano em perspectiva comparada com o Brasil; os indicadores educacionais, com atenção particular à educação matemática; e a formação e as condições de trabalho dos professores nos dois países.

O Sistema Nacional de Educação Cubano e seus indicadores educacionais

O Sistema Nacional de Educação Cubano caracteriza-se pela forte participação estatal na organização, no financiamento e na oferta educacional. A Lei de Nacionalização Geral e Gratuita do Ensino, de 1961, estabeleceu a gratuidade da educação e atribuiu ao Estado a responsabilidade por sua oferta. Atualmente, o sistema compreende a educação da primeira infância, a educação primária, a secundária básica, a educação média superior, modalidades de educação técnica e profissional, educação de jovens e adultos e educação superior (SITEAL, [s.d.]).

Na primeira infância, destaca-se o programa *Educa a tu Hijo*, destinado ao atendimento educacional de crianças pequenas e de suas famílias. Nos níveis posteriores, o sistema contempla diferentes possibilidades de continuidade da escolarização, incluindo a formação pré-universitária e a educação técnica e profissional. A educação superior constitui um nível posterior à educação média e é administrada no âmbito das políticas conduzidas pelo Ministério da Educação Superior de Cuba.

A universalização do acesso à educação constituiu um dos principais objetivos das políticas implementadas após a Revolução Cubana. A campanha nacional de alfabetização de 1961 tornou-se um marco desse processo e foi acompanhada, nas décadas seguintes, pela ampliação da escolarização e pela consolidação de uma rede pública de ensino.

Os indicadores disponíveis apontam níveis elevados de acesso à educação, especialmente nas primeiras etapas da escolarização. Dados sistematizados pelo SITEAL indicam taxas de escolarização próximas da universalização na primeira infância e no ensino primário, embora os percentuais diminuam nas etapas posteriores. Essa diferença demonstra que, apesar dos resultados alcançados, o sistema cubano também apresenta desafios, particularmente relacionados à permanência e à continuidade dos estudos nos níveis mais avançados.

Outro aspecto relevante é o financiamento educacional. Em vez de se manter constante, o percentual do Produto Interno Bruto (PIB) destinado à educação em Cuba apresentou oscilações ao longo das últimas décadas, embora tenha permanecido elevado em diversos períodos. Dados do Banco Mundial, provenientes do Instituto de Estatística da UNESCO, indicam que o gasto público em educação correspondeu a aproximadamente 12,84% do PIB em 2010, 8,96% em 2015, 9,05% em 2019, 11,52% em 2020 e 8,44% em 2022 (BANCO MUNDIAL, [s.d.]). Mais do que um percentual isolado, a série histórica evidencia a elevada participação da educação no orçamento público cubano, ainda que os valores variem ao longo do período analisado.

Para fins comparativos, em 2022, o gasto público em educação correspondia a aproximadamente 5,6% do PIB brasileiro, enquanto em Cuba alcançava aproximadamente 8,4% do PIB, segundo dados do Banco Mundial provenientes do Instituto de Estatística da UNESCO. A utilização da mesma fonte e do mesmo ano de referência permite uma comparação mais consistente entre os dois países e evidencia, naquele período, uma participação proporcionalmente maior dos gastos educacionais no PIB cubano.

Cuba e Brasil em perspectiva comparada

A comparação entre Cuba e Brasil deve considerar as diferenças existentes entre os dois países quanto à dimensão territorial e populacional, à organização político-administrativa, ao modelo econômico e à própria estrutura dos sistemas educacionais. Cuba possui um sistema de governo unitário e financiamento educacional predominantemente centralizado, enquanto o Brasil constitui uma federação na qual União, estados, Distrito Federal e municípios compartilham responsabilidades pela oferta e pelo financiamento da educação.

Em Cuba, a educação é organizada predominantemente como serviço público estatal e gratuito nos diferentes níveis de ensino. No Brasil, a Constituição Federal e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional garantem a educação pública, ao mesmo tempo em que permitem a atuação de instituições privadas. A coexistência das redes públicas e privadas, entretanto, não deve ser tomada isoladamente como explicação para as desigualdades educacionais brasileiras, que resultam de um conjunto complexo de fatores sociais, econômicos, territoriais e institucionais.

As desigualdades constituem um dos principais desafios do sistema educacional brasileiro. Diferenças socioeconômicas e regionais estão associadas a condições distintas de acesso, permanência, infraestrutura escolar e aprendizagem (DSSBR, 2020). Nesse sentido, embora o Brasil apresente uma economia significativamente maior que a cubana em termos absolutos, a comparação entre os sistemas educacionais não pode ser realizada apenas a partir do tamanho de suas economias ou do percentual do PIB destinado à educação, devendo considerar também a população atendida, a organização federativa, os mecanismos de financiamento e as desigualdades existentes no interior de cada país.

Os indicadores de alfabetização também revelam diferenças relevantes. Cuba apresenta índices de alfabetização próximos da universalização, enquanto o Brasil, apesar dos avanços históricos na alfabetização da população, ainda enfrenta o analfabetismo e, particularmente,

o funcional. Segundo dados do Indicador de Alfabetismo Funcional (INAF, 2025), aproximadamente três em cada dez brasileiros entre 15 e 64 anos encontram-se na condição de analfabetismo funcional.

A comparação do desempenho acadêmico exige cuidados adicionais. O Brasil participa regularmente do *Programme for International Student Assessment* (PISA), coordenado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), enquanto Cuba não participa dessa avaliação. Por esse motivo, os resultados do PISA não permitem uma comparação direta entre os dois países.

No âmbito latino-americano, entretanto, existem avaliações conduzidas pelo Laboratório Latino-Americano de Avaliação da Qualidade da Educação (LLECE), vinculado à UNESCO. Entre os ciclos realizados encontram-se o Primeiro Estudo Regional Comparativo e Explicativo (PERCE), de 1997; o Segundo Estudo Regional Comparativo e Explicativo (SERCE), de 2006; o Terceiro Estudo Regional Comparativo e Explicativo (TERCE), de 2013; e os Estudos Regionais Comparativos e Explicativos (ERCE), realizados em 2019 e 2025. Cuba participou do PERCE 1997, do SERCE 2006, do ERCE 2019 e voltou a integrar o ERCE 2025. Brasil e Cuba participaram, portanto, de diferentes ciclos comuns, possibilitando comparações regionais em determinados períodos.

Nos estudos iniciais do LLECE, os estudantes cubanos apresentaram resultados superiores aos dos demais países participantes em diferentes áreas avaliadas. Esses resultados constituíram, inclusive, uma das bases utilizadas por Carnoy (2009) para investigar características da organização escolar e do trabalho docente em Cuba. A participação cubana no ERCE 2025 amplia novamente a possibilidade de produção de dados comparáveis sobre o desempenho educacional do país no contexto latino-americano.

Currículo e organização das políticas educacionais

A comparação entre os sistemas educacionais cubano e brasileiro também envolve suas diferentes formas de organização curricular. O currículo não constitui um instrumento neutro, uma vez que expressa concepções de educação, sociedade, conhecimento e formação humana construídas em determinados contextos históricos e políticos.

Em Cuba, a organização curricular está vinculada a um sistema educacional centralizado, no qual o Estado possui papel significativo na definição das políticas e orientações educacionais. Ao mesmo tempo, processos recentes de aperfeiçoamento do Sistema Nacional de Educação têm

buscado ampliar a contextualização do currículo e das práticas das instituições educacionais, conforme indicado pelo SITEAL [s. d.].

No Brasil, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece aprendizagens consideradas essenciais para a Educação Básica, cabendo aos sistemas e instituições de ensino elaborar e desenvolver seus currículos considerando as orientações nacionais e as especificidades regionais e locais. Dessa maneira, embora os dois países disponham de orientações nacionais para a educação, os mecanismos de elaboração, gestão e implementação curricular se inserem em estruturas político-administrativas distintas.

Mais do que estabelecer uma oposição entre um currículo cubano supostamente ideológico e um currículo brasileiro neutro ou flexível, torna-se necessário reconhecer que ambos são produtos de escolhas políticas e educacionais. A comparação, portanto, deve considerar de que maneira cada sistema articula objetivos nacionais, autonomia institucional, formação dos estudantes e particularidades dos diferentes contextos escolares.

Educação matemática e indicadores de desempenho

A educação matemática constitui uma das áreas em que os resultados cubanos despertaram interesse internacional. Nos estudos regionais realizados pelo LLECE, especialmente no PERCE e no SERCE, estudantes cubanos apresentaram desempenho destacado em Matemática quando comparados aos estudantes dos demais países participantes (Carnoy, 2009).

Esses resultados são particularmente relevantes para esta pesquisa por permitirem observar o desempenho de amostras de estudantes inseridos nos respectivos sistemas escolares. Diferentemente de competições acadêmicas, avaliações educacionais de larga escala procuram produzir indicadores sobre populações mais amplas e, por isso, constituem evidências mais adequadas para comparações entre sistemas educacionais.

Na 65ª Olimpíada Internacional de Matemática, realizada em 2024 no Reino Unido, a equipe cubana obteve cinco menções honrosas e alcançou a 72ª posição na classificação por equipes, com 68 pontos. No mesmo evento, a equipe brasileira conquistou seis medalhas, sendo uma de ouro, duas de prata e três de bronze, alcançando a 20ª posição na classificação geral.

Esses resultados, entretanto, devem ser interpretados com cautela. Olimpíadas científicas selecionam estudantes com desempenho acadêmico excepcional e não constituem indicadores representativos da aprendizagem matemática da população escolar de um país. Sua utilização neste estudo tem, portanto, caráter complementar, indicando a presença dos dois países em

iniciativas internacionais de excelência matemática, mas não permitindo inferir, isoladamente, a qualidade de seus respectivos sistemas de ensino.

Nesse sentido, os estudos conduzidos pelo LLECE oferecem uma base comparativa mais adequada para a análise da educação matemática escolar. A realização do ERCE 2025, com a participação de Cuba e Brasil, apresenta uma possibilidade particularmente relevante para pesquisas futuras, uma vez que seus resultados poderão fornecer evidências atualizadas sobre a aprendizagem em Matemática e outras áreas nos dois países.

Formação e condições de trabalho docente

A formação de professores constitui um elemento central na organização do sistema educacional cubano. Após a Revolução Cubana e, particularmente, no contexto das políticas de expansão da escolarização e combate ao analfabetismo, foram ampliadas as iniciativas destinadas à preparação de profissionais para atuar nas diferentes etapas de ensino (Batista; Carvalho, 2019).

A formação docente cubana caracteriza-se pela articulação entre componentes teóricos e experiências práticas desenvolvidas nas instituições escolares. Ao longo da formação, os futuros professores estudam conteúdos específicos e pedagógicos e participam progressivamente de atividades realizadas em escolas, acompanhados por profissionais responsáveis por sua orientação. Segundo Mariño Sánchez (2004 apud Batista; Carvalho, 2019), essa organização busca aproximar a formação acadêmica dos problemas concretos encontrados no exercício da docência.

O sistema contempla diferentes percursos de formação de acordo com a etapa e a modalidade educacional em que o futuro professor pretende atuar, incluindo educação infantil, ensino primário, educação especial, ensino secundário e educação técnica e profissional. A formação inicial é acompanhada por políticas de formação continuada desenvolvidas ao longo da carreira profissional.

Após a graduação, os professores participam de processos de formação continuada desenvolvidos, entre outros espaços, por instituições de ensino superior responsáveis pela formação pedagógica, em articulação com as políticas do Ministério da Educação de Cuba (MINED). Essas iniciativas incluem oficinas, seminários, cursos de especialização e pós-graduação e programas destinados ao desenvolvimento profissional docente, envolvendo aspectos metodológicos, inclusão, diversidade e inovação educacional (Martínez Rosales; Pérez Aguilar; Martínez Isaac, 2025).

No Brasil, a formação docente é regulamentada por diferentes dispositivos legais, entre os quais se destaca a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB — Lei nº 9.394/1996). Seu artigo 62 estabelece que a formação de docentes para atuação na Educação Básica deve ocorrer, como regra geral, em nível superior, em cursos de licenciatura, admitindo formação mínima em nível médio, na modalidade normal, para atuação na Educação Infantil e nos cinco primeiros anos do Ensino Fundamental (Brasil, 1996).

Durante a graduação, os estudantes devem desenvolver domínio tanto dos conhecimentos específicos de sua área quanto dos saberes pedagógicos, que compreendem, entre outros aspectos, as teorias da aprendizagem, o currículo e a didática. A Resolução CNE/CP nº 4, de 29 de maio de 2024, que instituiu novas Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior dos profissionais do magistério da Educação Básica, reforça a articulação entre formação acadêmica, práticas pedagógicas e estágio supervisionado (Brasil, 2024).

Entretanto, persistem desafios relacionados à formação inicial docente. Gatti (2010) já apontava problemas estruturais na formação de professores no Brasil, entre eles a fragmentação dos currículos das licenciaturas e as dificuldades de articulação entre conhecimentos específicos, formação pedagógica e realidade escolar. A expansão da formação docente por meio da educação a distância também ampliou os debates sobre as condições necessárias para garantir experiências formativas adequadas aos futuros professores.

Mais recentemente, o Decreto nº 12.456, de 19 de maio de 2025, que regulamentou a oferta de educação a distância por instituições de Educação Superior, estabeleceu novo marco para essa modalidade. No caso das licenciaturas, a regulamentação passou a impedir sua oferta no formato integralmente a distância, admitindo sua organização nos formatos presencial ou semipresencial, de acordo com as normas educacionais vigentes (Brasil, 2025). A mudança reforça a importância atribuída às experiências presenciais e à articulação entre formação acadêmica e prática profissional na preparação dos futuros docentes.

Além dos desafios relacionados à formação inicial, o sistema educacional brasileiro enfrenta dificuldades relacionadas à atratividade e às condições de exercício da profissão docente. Em determinadas redes e áreas do conhecimento, a necessidade de suprir a ausência de professores habilitados pode resultar na contratação temporária ou emergencial de profissionais, evidenciando dificuldades relacionadas à disponibilidade e à permanência de docentes na Educação Básica (Balmant, 2025).

Outro aspecto relevante refere-se à jornada de trabalho docente. A Lei nº 11.738/2008, que instituiu o piso salarial profissional nacional para os profissionais do magistério público da Educação Básica, estabeleceu que, no máximo, dois terços da carga horária sejam destinados às atividades de interação com os estudantes, reservando-se ao menos um terço da jornada para atividades extraclasse, como planejamento, elaboração e correção de avaliações, reuniões pedagógicas e formação continuada (Brasil, 2008). Essa organização reconhece que o trabalho docente ultrapassa o período de permanência em sala de aula.

Apesar dessa previsão legal, diferentes sistemas de ensino enfrentam dificuldades para assegurar condições adequadas para a realização das atividades extraclasse, o que pode contribuir para a sobrecarga dos profissionais e para a realização de parte dessas atividades fora do período regular de trabalho (Balmant, 2025). A LDB reconhece ainda a formação continuada como elemento da valorização dos profissionais da educação (Brasil, 1996), princípio reafirmado pelo Plano Nacional de Educação instituído pela Lei nº 15.388/2026.

A comparação entre Cuba e Brasil evidencia, portanto, que a formação docente constitui elemento relevante nos dois sistemas, embora seja organizada em contextos institucionais distintos. A experiência cubana destaca a articulação entre formação inicial, inserção na escola e desenvolvimento profissional continuado, enquanto o contexto brasileiro apresenta avanços normativos acompanhados por desafios relacionados à articulação entre teoria e prática, às condições de trabalho e à valorização da carreira.

Considerações finais

A análise desenvolvida neste estudo indica que os resultados alcançados pelo Sistema Nacional de Educação Cubano estão associados a um conjunto de características, entre as quais se destacam a centralidade atribuída à educação nas políticas estatais, a elevada participação do investimento educacional em diferentes períodos, a universalização do acesso às etapas iniciais da escolarização e a atenção dedicada à formação de professores. Embora Brasil e Cuba compartilhem objetivos relacionados à garantia do direito à educação e à formação dos estudantes, os caminhos adotados para alcançá-los apresentam diferenças significativas.

A experiência cubana deve ser compreendida em seu próprio contexto histórico, político, econômico e social. Dessa maneira, este estudo não pretende apresentar suas políticas educacionais como um modelo passível de reprodução direta no Brasil ou em outros países. A análise comparativa

permite, entretanto, identificar elementos que podem contribuir para a reflexão sobre financiamento educacional, continuidade das políticas públicas, formação e valorização docente e enfrentamento das desigualdades educacionais.

Os resultados analisados também apontam para a necessidade de cautela ao estabelecer relações causais entre políticas específicas e desempenho educacional. Embora determinadas características do sistema cubano estejam associadas a resultados destacados nas fontes analisadas, uma pesquisa bibliográfica e documental não permite determinar isoladamente quais fatores explicam esses resultados nem em que medida poderiam produzir efeitos semelhantes em outros contextos.

A disponibilidade e a comparabilidade dos dados constituem outra limitação da pesquisa. Cuba não participa do PISA, o que impede a comparação direta com o Brasil por meio dessa avaliação. No âmbito latino-americano, entretanto, o país participou de diferentes ciclos do LLECE, incluindo o PERCE 1997, o SERCE 2006, o ERCE 2019 e, mais recentemente, o ERCE 2025. A participação no último ciclo representa uma oportunidade para a produção de novas análises comparativas, especialmente após a divulgação de seus resultados.

Essas limitações abrem possibilidades para futuras investigações. Estudos posteriores poderão analisar os resultados do ERCE 2025, aprofundar a comparação entre as políticas de formação docente de Cuba e do Brasil, investigar a relação entre financiamento educacional e indicadores de aprendizagem e ampliar a análise para outros países latino-americanos. Pesquisas empíricas, incluindo estudos de campo e investigações realizadas diretamente em instituições educacionais cubanas e brasileiras, também poderiam contribuir para compreender como as políticas analisadas se materializam nas práticas escolares.

Espera-se, assim, que este trabalho contribua para ampliar o debate sobre políticas públicas educacionais na América Latina. Mais do que estabelecer uma hierarquia entre os sistemas brasileiro e cubano, a comparação permite reconhecer possibilidades, limites e desafios de diferentes formas de organização da educação, favorecendo reflexões sobre estratégias voltadas ao fortalecimento da educação pública, à valorização docente, à redução das desigualdades e à garantia do direito à educação de qualidade.

Referências

BANCO MUNDIAL. **Education.** [S.l.], [s.d.]. Disponível em: https://www.worldbank.org/en/topic/education. Acesso em: 28 jun 2025.

BALMANT, Ocimara. **Quais são os principais desafios para formar professores no Brasil?** Estadão, São Paulo, 28 abr. 2025. Disponível em: https://www.estadao.com.br/educacao/quaissao-os-principais-desafios-para-formar-professoresnobrasil/?srsltid=AfmBOorPgGGPlqL2fbbU0V-9JswjoFEp-IxRu7OZ8T8tZcH5E80-vDsB. Acesso em: 20 set 2025.

BARONI, Juliana. **Vai pra Cuba, Eduardo!.** Direção: Juliana Baroni. [S.l.]: Instituto Conhecimento Liberta, 2024. Documentário online. Disponível em: https://icl.com.br/pg/ggw43/. Acesso em: 28 jun 2025.

BATISTA, Drielly Adrean; CARVALHO, Alonso Bezerra de. A formação dos professores em Cuba: um olhar para o profissional de pedagogia. In: **Anais do CONEDU 2019.** Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2019/TRABALHO_EV127_MD1_SA1 _ID8476_29072019201352.pdf. Acesso em: 13 set. 2025.

BRASIL. **Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 27833, 23 dez. 1996.

BRASIL. **Lei n. 11.738, de 16 de julho de 2008**. Regulamenta o piso salarial profissional nacional para os profissionais do magistério público da educação básica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul. 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. **Resolução CNE/CP nº 4, de 29 de maio de 2024.** Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-cne/cp-n-4-de-29-de-maio-de-2024563084558. Acesso em: 8 out. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 12.456, de 19 de maio de 2025.** Dispõe sobre a oferta de educação a distância por instituições de educação superior em cursos de graduação e altera o Decreto nº 9.235, de 15 de dezembro de 2017. Brasília, DF, 2025.

BRASIL. **Lei nº 15.388, de 14 de abril de 2026**. Aprova o Plano Nacional de Educação para o decênio 2024–2034. Brasília, DF, 2026.

CARNOY, Martin. **A vantagem acadêmica de Cuba**: por que seus alunos vão melhor na escola. 1. ed. São Paulo: Ediouro, 2009.

DSSBR. **Desigualdades e baixo aprendizado são os maiores desafios na educação** - Determinantes Sociais da Saúde. Determinantes Sociais da Saúde. Novembro, 2020. Disponível em: https://dssbr.ensp.fiocruz.br/desigualdades-e-baixo-aprendizado-sao-os-maiores-desafiosna-educacao/. Acesso em: 10 ago. 2025.

GATTI, Bernadete Angelina. **Formação de professores no Brasil: características e desafios. Educação e Sociedade**, Campinas, v. 31, n. 111, p. 1-20, jan./mar. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/es/a/R5VNX8SpKjNmKPxxp4QMt9M/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 20 set. 2025.

INAF. **3 a cada 10 brasileiros são analfabetos funcionais**. [s.l.: s.n.], 2025. Disponível em: https://g1.globo.com/educacao/noticia/2025/05/05/3-a-cada-10-brasileiros-sao-analfabetosfuncionais-indica-pesquisa.ghtml. Acesso em: 17 Aug. 2026.

INST. ICIMAF, **Instituto de Cibernética, Matemática y Física Cierra 2024 con notables resultados científicos. Juventud Técnica, La Habana**. Disponível em:

https://www.juventudtecnica.cu/articulos/instituto-de-cibernetica-matematica-y-fisica-cierra2024-con-notables-resultados-cientificos/. Acesso em 31 jul. 2025.

IMO**, Olimpíada Internacional de Matemática** - Ministério da Educação. Disponível em: https://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/olimpiada-internacional-de-matematica. Acesso em: 1 ago. 2025.

MARTÍNEZ-ROSALES**,** Yamilé; PÉREZ-AGUILAR, Yanet; MARTÍNEZ-ISAAC, Martha

Gloria. ***Continuing education of primary school teachers for addressing diversity in Cuba*.** HOMERO, v. 1, n. 1, p. 42-55, 31 mar. 2025. Disponível em: https://revistas.gigapsico.com/index.php/homero/en/article/view/7. Acesso em: 20 set. 2025.

MES, Ministério do Ensino Superior de Cuba. **Portal do Ministério do Ensino Superior de Cuba.** Havana, [s.d.]. Disponível em: https://www.mes.gob.cu/. Acesso em: 28 jun 2025.

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development**. Directorate for Education and Skills.** [S.l.]: OECD, [s.d.]. Disponível em: https://www.oecd.org/en/about/directorates/directorate-for-education-and-skills.html. Acesso em: 28 jun 2025.

QUINTERO LÓPEZ**,** Margarita. **A educação em Cuba: seus fundamentos e desafios. Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ea/a/59RgF5TRjwjXnsLBBqbgXdc/. Acesso em: 28 jun 2025.

SITEAL; UNESCO. SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE TENDÊNCIAS EDUCACIONAIS NA AMÉRICA LATINA. **Cuba**: perfil do país. Instituto Internacional de Planejamento Educacional da UNESCO, [S.l.], [s.d.]. Disponível em: https://siteal.iiep.unesco.org/pt/pais/educacionpdf/cuba. Acesso em: 28 jun 2025.

UNESCO. **Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación (LLECE).** Santiago: Oficina Regional de la UNESCO para América Latina y el Caribe, [s.d.]. Disponível em: UNESCO — LLECE. Acesso em: 24 ago 2026.

Contribuições da Psicologia Histórico Cultural para a educação escolar

Lauro Araújo Mota[1]

1. Introdução

Em 2026, Lev S. Vigotski (1896-1937), um dos principais teóricos fundadores da Psicologia Histórico Cultural, completaria 130 anos. A teoria que esse autor ajudou a construir, mas que — por conta de sua morte prematura — não teve tempo de desenvolver, vem desempenhando forte influência no Ocidente nos estudos e pesquisas, na formação de professores e profissionais da saúde no Brasil desde o final da década de 1980. Essa influência ganha mais força partir dos anos 2000, com a tradução de suas obras diretamente do russo para o espanhol e depois para o português; tornando-as, assim, mais fidedignas e acessíveis ao público brasileiro, principalmente pela dificuldade de acesso à obra em sua língua materna (russo) e aos problemas de tradução decorrentes da tradução do russo para o inglês.

Essa influência ganha mais força partir dos anos 2000, com a tradução de suas obras diretamente do russo para o espanhol e depois para o português; tornando-as, assim, mais fidedignas e acessíveis ao público brasileiro, principalmente pela dificuldade de acesso à obra em sua língua materna (russo) e aos problemas de tradução decorrentes da tradução do russo para o inglês.

Essa abordagem teórica sobre o desenvolvimento humano e a aprendizagem escolar possui especificidades que a distinguem de outras abordagens psicológicas e biológicas nas quais também se investiga o desenvolvimento — seja ele típico ou atípico, inserindo como elementos centrais a influência da cultura na constituição dos processos psicológicos superiores, enfatizando o papel das relações sociais, da dupla mediação-técnica e semiótica, o papel dos membros mais experientes do grupo social e

[1] Prof. Adjunto na Universidade Federal do Piauí- UFPI. Estágio de Pós- Doutorado na Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla- UPAEP-México. Doutorado em Educação: Psicologia e Educação- UNICAMP. Líder do Grupo de Estudos e Pesquisas em Psicologia, Educação e Desenvolvimento Humano- CNPq. Pesquisador dos grupos: PSIEM-GEPEMAI- FE/UNICAMP; Educação Especial- UECE; Rede IESED- Chile. E-mail: lauro.mota@ufpi.edu.br

o papel do conhecimento escolar na constituição de um certo tipo de funcionamento psicológico.

Ao longo deste ensaio, que tem como objetivo apresentar e discutir algumas contribuições da Psicologia Histórico Cultural para a educação escolar, buscamos refletir sobre a seguinte questão: Como uma teoria construída historicamente para um contexto distinto, com sujeitos distintos, numa sociedade que tinha outras problemáticas a serem solucionadas no início do século XX pode ajudar a pensar a educação escolar no Brasil hoje?

2. O projeto de pesquisa de L. Vigotski e a relação entre desenvolvimento humano e aprendizagem

Ao longo de sua obra, Lev Vigotski delimitou alguns aspectos de sua psicologia e de suas intenções de investigação bem como as linhas de pesquisa nas quais viria a desenvolver parte dos seus trabalhos. Suas investigações partiam da busca por compreender e explicar como ocorria a gênese, o desenvolvimento e a desagregação das funções psicológicas superiores tipicamente humanas que foram se constituindo ao longo do desenvolvimento sócio-histórico do homem nas linhas da filogênese, da ontogênese e da cultura.

O autor elaborou um programa de pesquisa que tinha como objetivo "caracterizar os aspectos tipicamente humanos do comportamento e elaborar hipóteses de como essas características se formaram ao longo da história humana e de como se desenvolveram durante a vida do indivíduo" (Vigotski, 2007, p.3).

O Programa de pesquisa buscava investigar e responder a três questões centrais da psicologia na época, final do século XIX e início do século XX, bem como as transformações sociais e políticas do mundo contemporâneo em que a psicologia buscava se constituir enquanto ciência aos moldes das ciências da natureza, tentando definir seus objetos de estudo e suas metodologias de investigação.

> 1- Qual a relação entre os seres humanos e seu ambiente físico e social?
> 2- Quais as formas novas de atividade que fizeram com que o trabalho fosse o meio fundamental de relacionamento entre o homem e a natureza e quais as consequências psicológicas dessa atividade?
> 3- Qual a natureza das relações entre o uso de instrumentos e o desenvolvimento da linguagem? (Vigotski, 2007, p. 3).

Essas questões levantadas pelo autor vão se constituindo como núcleo central de interesse dos autores da Psicologia Histórico Cultural na busca por

compreender as condições biológicas, históricas e culturais que possibilitam o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, tipicamente humanas.

Ao revisar os estudos de sua época sobre o comportamento superior típico e atípico — principalmente nos estudos de Defectologia, que hoje equivalem aos estudos das deficiências e da educação especial —,Vigotski (2019) se deparou com estudos de caráter descritivo, quantitativo e com ênfase nos aspectos puramente biológicos, orgânicos e maturacionais do organismo. Os estudos descreviam detalhadamente uma determinada conduta, mas não procuravam explicar sua gênese e seu processo de transformação histórica, nem como esses comportamentos se tornavam fossilizado, cristalizado no repertório comportamental do sujeito (Vigotski, 2007).

Vigotski (2007; 2017), Vigotski e Luria (1996), por sua vez, propunham estudar o comportamento humano como a história do comportamento superando visões dominantes na época que aprisionavam o estudo do desenvolvimento infantil primeiro sob o domínio da botânica, como se as funções mentais superiores na criança estivessem em estágio embrionário esperando somente o momento adequado para se desenvolverem, sem sofrerem influências do ambiente e de outros fatores sociais e culturais.

De prisioneira da botânica a psicologia infantil se torna prisioneira da zoologia que postulava que as funções psicológicas na criança era somente resultado do processo de evolução, uma continuação das funções presentes nos outros animais inferiores na escala filogenética. Ambas as posições teóricas desconsideravam importantes aspectos estudados por Vigotski e seu grupo no que diz respeito a pensar o desenvolvimento psicológico humano que possui um substrato biológico e orgânico, um substrato material que é o cérebro mas que somente a atividade cerebral analisada isoladamente dos fatores sociais e culturais e, principalmente, das práticas do mundo da cultura, não eram suficientes para compreender e explicar a complexidade desse funcionamento psicológico complexo e a atividade consciente humana (Vigotski, 2017).

Ao analisar as teorias vigentes em sua época sobre as relações entre aprendizagem e desenvolvimento, Vigotski (2007), organizou-as em três grupos:

1. No primeiro grupo de teorias, os processos de aprendizagem são definidos como independentes dos processos de desenvolvimento. A aprendizagem é concebida como um processo externo e que pouco influenciaria no desenvolvimento. Nessa perspectiva teórica a maturação orgânica

(desenvolvimento) é concebida como pré- condição para a aprendizagem e não como resultado deste processo;

2. A outra perspectiva sobre a relação entre aprendizagem e desenvolvimento concebe uma identidade entre os dois processos, ou seja, aprendizagem é igual a desenvolvimento. Aprendizagem e desenvolvimento são concebidos como um único processo, misturados e inseparáveis. Neste sentido:

   Os teóricos que mantém o primeiro ponto de vista afirmam que os ciclos de desenvolvimento precedem os ciclos de aprendizagem; a maturação precede o aprendizado e a instrução deve seguir o crescimento mental. Para o segundo grupo de teóricos, os dois processos ocorrem simultaneamente; aprendizado e desenvolvimento coincidem em todos os pontos, da mesma maneira que duas figuras geométricas idênticas coincidem quando superpostas (Vigotski, 2007, p. 90).

3. Uma terceira posição teórica sobre a relação desenvolvimento e aprendizagem é apresentada por Vigotski como uma tentativa de superação das duas perspectivas anteriores, combinando-as numa nova abordagem.

Após apresentar e discutir as perspectivas dominantes da psicologia de sua época, Vigotski reafirma sua rejeição a essas perspectivas e apresenta sua perspectiva teórica e explicativa de desenvolvimento e como essa perspectiva encontra-se intrinsecamente relacionada com o processo de aprendizagem na vida da criança — desde o seu primeiro dia de vida até o momento em que ela chega à escola e já possui um repertório de conhecimentos aprendidos assistematicamente na vida cotidiana.

Para Vigotksi (2007) o aprendizado escolar introduz elementos novos, principalmente com a sistematização do ensino capaz de provocar novas possibilidades de desenvolvimento mental. Para explicar como esse processo ocorre cunhou os conceitos de Zona de Desenvolvimento Real (ZDR) e Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). “O primeiro nível pode ser chamado de nível de desenvolvimento real, isto é, o nível de desenvolvimento das funções mentais da criança que já se estabeleceram como resultado de certos ciclo de desenvolvimento já completados” (Vigotski, 2007, p. 96).

Com relação à Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), Vigotski (p. 96) afirma que “[...] Ela é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da resolução independente de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes [...]”, ou seja, o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) pode ser explicado da seguinte forma: “[...] o que a criança consegue

fazer com a ajuda dos outros poderia ser, de alguma maneira, muito mais indicativo do seu desenvolvimento mental do que o que consegue fazer sozinha (p. 96)".

Neste sentido, é possível compreender que aquelas tarefas e atividades que a criança faz hoje com ajuda dos outros (adultos, colegas mais experientes) representam as funções psicológicas que ainda não amadureceram no seu repertório, são os "brotos do desenvolvimento". Tudo aquilo que a criança realiza sozinha, independentemente, é um indicativo das funções já amadurecidas, das conquistas já alcançadas em termos de maturação, aprendizagem e desenvolvimento ontogenético. Centrar as atividades escolares no que a criança já faz de forma autônoma e independente é voltar-se para o passado em termos de desenvolvimento.

Para Vigotski, a educação e a ação dos adultos mais experientes do grupo cultural deveriam centrar-se em oferecer atividades em que as crianças precisassem de ajuda, orientação, demonstração para executá-las. Centrar-se no que a criança não faz sozinha hoje, mas faz com ajuda é olhar para o desenvolvimento psicológico de maneira prospectiva, direcionado para o futuro e para a realização do potencial humano.

Para a Psicologia Histórico Cultural e para a Pedagogia Histórico Crítica, que se embasam em seus princípios e fundamentos, o bom ensino é aquele que se adianta ao desenvolvimento, funcionando como motor deste processo. O ensino que promove desenvolvimento é aquele planejado, organizado e sistematizado, que estimula e possibilita o desenvolvimento de complexas funções mentais como abstração, generalização, categorização, classificação, seriação dentre outras funções que não se desenvolvem espontaneamente no repertório comportamental do sujeito.

Essas funções mentais complexas dependem de um aspecto biológico, do funcionamento cerebral, da maturação do sistema nervoso central para ocorrerem (substrato biológico do funcionamento psicológico humano) mas são, principalmente, resultado dos complexos processos de evolução sócio histórica pelos quais o homem vem passado ao longo da sua história social.

A necessidade imposta pela vida social fez com que o homem fosse desenvolvendo instrumentos para se relacionar com o mundo, com os outros homens e consigo mesmo. Criou instrumentos técnicos que possibilitam contato e intervenção na natureza, criando outros objetos e equipamentos que permitiram o domínio sobre a natureza e os outros animais não humanos (Vigotski, 2007; Vygotsky e Luria; 2007; Luria, 1979).

Ao passo que os instrumentos técnicos se desenvolveram foram sendo criados conjuntos de símbolos e sinais que possibilitaram outro tipo de relação

do homem consigo mesmo, não mais direcionada para fora do organismo. O desenvolvimento da linguagem enquanto sistemas simbólicos representou o grande divisor de águas no processo socio histórico de evolução humana juntamente com o trabalho social e a fabricação de instrumentos (Luria, 1979; Vygotsky e Luria, 2007).

Os sistemas simbólicos (linguagem, escrita, cálculo, desenhos, notações musicais, mapas, etc) são denominados instrumentos semióticos, pois sua ação está direcionada para o próprio psiquismo humano, funcionando como um aspecto autorregulador da conduta. São instrumentos com função intrapsicológica mediando a relação do homem consigo mesmo.

Esses sistemas simbólicos foram sendo organizados e sua transmissão de geração em geração, emparte, passou a ocorrer em espaços e contextos específicos, principalmente a leitura, a escrita e o cálculo matemático, sendo destinado e acessível durante muito tempo a um pequeno grupo de sujeitos, geralmente das classes sociais mais ricas. Aos pobres e despossuídos, quando podiam pagar pelo ensino dessas habilidades culturais ou tinham acesso de outro modo, geralmente era um acesso limitado ou restringido aos rudimentos da leitura, escrita e operações numéricas básicas.

3. Processos de escolarização

Para a Psicologia Histórico Cultural a escolarização assume um papel de destaque no desenvolvimento psicológico humano. A escola enquanto instituição social, construída historicamente, organiza a experiência humana acumulada sob a forma de conteúdos, práticas, costumes, hábitos e valores que são ensinados e que favorecem o desenvolvimento de complexos processos cognitivos, metacognitivos mediados principalmente pela linguagem como a capacidade de abstração, generalização, classificação, etc (Luria, 1979; Vigotski, 2009).

A sociedade capitalista foi se constituindo na modernidade com base em grupos escolarizados, no domínio da escrita e da ciência. Para Oliveira (1996), o conhecimento e o domínio dessas práticas culturais representavam e ainda representam um importante instrumento de poder e diferenciação social. Ler, escrever e contar, mesmo que de forma rudimentar, em sociedades escolarizadas, nas quais estamos inseridos, altera o próprio modo de estar no mundo. Refina-se o modo de atuação e de inserção nas práticas e atividades da cultura possibilitando maior independência e autonomia em atividades básicas da vida cotidiana, como por exemplo: amplia a possibilidade de conhecimentos e cuidado com as próprias finanças, com o uso de aplicativos eletrônicos, com o uso de medicamentos e cuidados com a saúde, amplia a

própria capacidade de discernir entre informações verdadeiras e falsas, dentre tantos outros exemplos que perpassam a vida contemporânea nesse primeiro cartel do século XXI e, principalmente, num período pós-pandemia da Covid-19 que acelerou consideravelmente o processo de mecanização e automatização do trabalho, com o uso massivo da inteligência artificial generativa em praticamente todos os campos da vida humana, requerendo, mais do que nunca dos seres humanos habilidades psicológicas de reflexão, abstração da realidade e julgamento e resolução de problemas.

Ainda de acordo com Oliveira (1996; 2003), ancorada nos princípios da Psicologia Histórico Cultural, as atividades desenvolvidas no âmbito escolar definem possibilidades de desenvolvimento do pensamento. Os sujeitos e os grupos que passaram pela experiência de escolarização (letramento) apresentam diferenças em certas ações e operações no mundo em comparação com sujeitos e grupos que não as vivenciaram.

Vale ressaltar que para a autora, existe sim uma diferença no modo de funcionamento psicológico dos sujeitos que passaram pela experiência de escolarização, uma diferença e não uma superioridade. O modo de pensar desenvolvido na escola não é superior a outros modos de funcionamento psicológicos. Oliveira (1996; 2003) coloca em evidência os princípios estudados por Vigotski de que é o grupo cultural no qual o sujeito está inserido que cria as condições para que ocorra um certo tipo de desenvolvimento psicológico e não outro.

Essas diferenças não são determinadas no âmbito biológico, orgânico, cerebral do indivíduo, mas sim no âmbito cultural, uma vez que a experiência de escolarização não é universal para todas as sociedades, mas determinada pelo grau de necessidade e desenvolvimento social de cada grupo. Assim como a escolarização não é um fenômeno universal, comum a todos os grupos humanos, também o desenvolvimento psicológico segue o mesmo princípio. Não é universal, único, heterogêneo, linear para todos os indivíduos e grupos sociais.

Para a Psicologia Histórico Cultural existem inúmeras possibilidades de desenvolvimento psicológico viabilizado e ancorado na cultura. É possível falar oralmente para sujeitos ouvinte tanto como é possível falar utilizando as mãos para sujeitos surdos usuários de língua de sinais, como falar oralmente a partir da utilização do implante coclear. É possível escutar com os ouvidos em sujeitos oralizados como escutar com os olhos em sujeitos surdos usuários de línguas de sinais. Ler com os olhos em sujeitos videntes ou ler com as mãos em sujeitos não videntes usuários de braile. Falar oralmente ou falar utilizando instrumentos de comunicação aumentativa e alternativa em sujeitos com lesões cerebrais que impossibilitam a comunicação pela via oral. Todas essas

possibilidades demonstram a plasticidade cerebral humana e são possíveis quando os grupos culturais oferecem condições para que determinados sujeitos também possam se constituir de modo distinto, como pode ser constatado nos estudos de Sacks (1995; 1998).

Aprender e dominar leitura, escrita, cálculo, operações numéricas, desenho, só se torna possível quando essas práticas existem em determinado grupo social juntamente com sujeitos mais experiente que possam ensiná-las, orientá-las, demonstrar o modo de funcionamento, possam dar exemplo, ou seja, possam organizar e sistematizar o processo de ensino, principalmente com o domínio da escrita e do conhecimento científico que favorece a apropriação do conhecimento produzido pela humanidade historicamente.

No entanto, essa possibilidade cultural oferecida pelos processos de escolarização não impede que outros sujeitos, em outros grupos culturais continuem operando no mundo com a predominância da oralidade, das imagens e do conhecimento do cotidiano e do senso comum. A diferença é o efeito que essas práticas produzem no funcionamento psicológico.

A respeito dos efeitos da escola e das diferenças entre sujeitos e grupos escolarizados e sujeitos e grupos não escolarizados, Oliveira (1996) esclarece:

> O contato sistemático e intenso com o sistema de escrita e com a ciência enquanto modalidade de construção do conhecimento é, pois, parte essencial da função da escola. As práticas escolares incorporam e potencializam os possíveis efeitos da escrita e da ciência no desenvolvimento psicológico.
>
> A escrita favorece o pensamento descontextualizado e independente da experiência do sujeito ao separar o produto escrito de seu autor e do tempo e local de sua criação e ao separar signo e significado. Favorece também a consciência metacognitiva, ao permitir o exame repetido e crítico de fatos, ideias e argumentos armazenados sob a forma de registros gráficos. Fornece, ainda, ao seu usuário, inúmeros recursos que podem auxiliar na utilização do controle cognitivo. (Oliveira, 1996, p. 99)

O efeito produzido nos sujeitos após a aquisição da escrita refina suas possibilidades de ação no mundo, separando a produção escrita do seu autor, desenvolvendo atividades que potencializam o registro da memória, possibilitam a desenvolvimento do pensamento descontextualizado e independente da experiência sensorial e imediata do sujeito com o desenvolvimento da capacidade de reflexão sobre o próprio processo cognitivo (metacognição).

Oliveira (1996) também aponta os efeitos no desenvolvimento psicológico relacionado ao aprendizado do conhecimento científico na escola, através do acesso aos conteúdos historicamente produzidos pela humanidade e sistematizados nos saberes, hábitos, costumes e valores presentes nas disciplinas escolares.

> A ciência enquanto modalidade específica de construção do conhecimento trabalha com a construção de categorias formalizadas de organização do real e com processos deliberados de generalização, buscando leis e princípios universais, estruturados em sistemas teóricos com clara articulação interna. Predição e controle são objetivos explícitos do empreendimento científico, que envolve tanto a criação de instrumentos, artefatos e tecnologias como produção de corpos de conhecimento sem aplicabilidade imediata, com a finalidade de descrever e explicar os vários fenômenos que constituem objetos de conhecimento dos sujeitos humanos. Podemos dizer que a esfera da ciência se diferencia claramente da esfera do cotidiano e do senso comum na medida em que se afasta daquilo que é particular, contextualizado, referido à experiência individual e às necessidades imediatas (Oliveira, 1996, p. 100).

Esses dois trechos são explicativos de como o aprendizado de habilidades culturais (escrita, leitura, o cálculo, a ciência, etc) oferecidos principalmente nos processos de escolarização formal através do letramento originam um tipo de funcionamento psicológico qualitativamente diferente para operar em sociedades escolarizadas, tecnológicas e industriais.

A escola, no seu caráter histórico e não universal de instituição social, deve oferecer aos sujeitos que a frequentam, experiências sistemáticas e sistematizadas de acesso ao saber humano que ultrapassam a dimensão puramente do cotidiano e do senso comum. Neste sentido, a escola funciona como um alargador do mundo cultural ao oferecer experiências complexas, descontextualizadas que desenvolvem outras habilidades, funções, hábitos, contribuindo para o desenvolvimento do potencial presente na espécie humana.

4. Considerações finais

As investigações sobre as relações entre aprendizagem e desenvolvimento constituíram-se, desde o início, preocupação de Vigotksi e dos outros pesquisadores da Psicologia Histórico Cultural. A busca por compreender como ocorriam o desenvolvimento de complexas funções

psicológicas encaminhou esses autores à investigação do desenvolvimento em diferentes esferas, desde a filogênese, a ontogênese até a cultura. Foi nessa última esfera que os autores constataram o maior poder de transformação do humano, de menor determinismo do pertencimento da espécie e uma maior plasticidade no funcionamento psicológico diante do mundo, principalmente com o desenvolvimento de práticas que podem ser ensinadas e aprendidas no âmbito das relações sociais.

Neste ensaio, buscamos refletir sobre esses princípios e como eles podem auxiliar os professores, coordenadores, diretores, pais e autores educacionais a compreenderem o importante papel que tem a educação numa sociedade escolarizada como a que vivemos no Brasil.

Faz-se necessário assegurar a todas as crianças e jovens não somente o acesso à escola em sua dimensão física, mas é preciso assegurar o aprendizado e domínio dessas habilidades culturais (leitura, escrita, cálculo matemático, etc) e o aprendizado das ciências, das artes, da cultura, mediado por professores capacitados e com condições de auxiliar os estudantes a se apropriarem dos conteúdos escolares.

A escola no Brasil hoje nem sempre assegura condições de permanência e aprendizagem dos estudantes. Muitos encontram-se inseridos apenas fisicamente sem condições de acesso a tudo aquilo que realmente altera o percurso de desenvolvimento. A mudança da escola depende de uma série de variáveis que vão desde a construção de políticas públicas para o acesso, permanência e sucesso na escola regular, a criação de serviços de apoio, políticas de formação e remuneração docente e melhores condições de trabalho docente.

A melhoria na aprendizagem do aluno é resultado, também, da melhoria das condições de trabalho, remuneração e formação dos professores. É impossível dissociar esses elementos, de uma mudança significativa da qualidade do espaço físico da escola, dos recursos pedagógicos disponibilizados pelas redes de ensino para serem utilizados nas aulas e também do acompanhamento pedagógico recebido pelos professores.

Referências

LURIA, A. R. **Curso de Psicologia Geral**. Vol 1. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1979.

OLIVEIRA, M. K. Escolarização e desenvolvimento do pensamento: a contribuição da Psicologia Histórico Cultural. **Revisa Diálogo Educacional,** v. 4, nº. 10, set.-dez, 2003, pp. 1-12.

OLIVEIRA, M. K.. Escolarização e organização do pensamento. **Revista Brasileira de Educação**, São Paulo, v. 3, p. 97-102, 1996.

SACKS, Oliver. **Um antropólogo em Marte**: sete histórias paradoxais. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

SACKS, Oliver. **Vendo vozes**: uma viagem ao mundo dos surdos. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

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

VIGOTSKI, L. S. Obras completas- Tomo V: **Fundamentos da Defectologia.** Tradução e revisão Guillherme Arias Baeton. Cascavel, PR: EDUNIOESTE, 2019.

VIGOTSKI, L. S. **Historia del desarrollo de las funciones psíquica superiores**. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Colihue clássica, 2017.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich; LURIA, Alexander Romanovich. **O instrumento e o signo no desenvolvimento da criança**. Tradução de P. Del Río. Madrid: Fundación Infancia y Aprendizaje, 2007.

VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R. **Estudos sobre a história do comportamento: símios, homem primitivo e criança.** Tradução de Lólio Lourenço de Oliveira. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

VIGOTSKI, Lev Semionovitch. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução: Paulo Bezerra. 2. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

Gamificação na Educação Empreendedora: Análise dos Elementos Estruturantes de uma Plataforma Educacional

***Bárbara Regina Lopes Costa*[1]**
***Mariane Gomes Sievert Naschenweng*[2]**

Introdução

Os elementos que compõem os jogos fazem parte das interações e da organização social humana desde os primórdios da civilização, evidenciando o caráter lúdico inerente à nossa espécie (Navarro, 2013). Apesar da conexão histórica, a inserção destes elementos no ambiente escolar foi alvo de forte ceticismo entre as décadas de 1980 e 2000, sob o temor de que tais ferramentas gerassem apenas distração (Postman, 1985).

Recentemente, essa visão tem sido reconfigurada. O conceito de gamificação, definido como a aplicação sistemática de dinâmicas e estéticas de jogos em contextos não lúdicos (Deterding *et al*., 2011), ganhou força como uma abordagem capaz de contribuir com a educação. Quando aplicadas estrategicamente, essas mecânicas superam o mero ornamento tecnológico, fomentando a motivação intrínseca e a aprendizagem ativa do aprendiz (Kapp, 2012).

Somando ao cerne da investigação, Fellnhofer (2019) sublinha como o engajamento e o protagonismo dos estudantes em atividades empreendedoras favorecem a autonomia e o desenvolvimento de competências essenciais à criação e implementação de novos negócios, efeitos frequentemente associados ao uso de metodologias ativas (Campos *et al*., 2025). Da mesma forma, a gamificação pode ser integrada ao processo formativo de futuros empreendedores, considerando sua adoção também no ambiente educacional (Naschenweng; Costa, 2025).

[1] Doutorado e Mestrado em Administração. Graduação em Publicidade e Propaganda e em Administração. Docente da Fatec Indaiatuba, Pesquisadora do Centro Paula Sousa e Editora da REVERTE. *E-mail*: barbara.costa@cps.sp.gov.br
[2] Graduada em Pedagogia, pesquisadora CNPq, graduanda em Gestão Empresarial (Fatec) e em Psicologia (Unimax). *E-mail*:marianegs@gmail.com

Na Educação Empreendedora, o protagonismo é fundamental, exigindo que o aluno desenvolva autonomia, assuma riscos calculados e construa soluções criativas para problemas complexos (Campos *et al*., 2025). Considerando o crescimento do ensino remoto e híbrido, o presente estudo questiona: como os elementos estruturantes da gamificação estão presentes e são operacionalizados na plataforma da Escola de Inovadores do Centro Paula Souza, e quais potencialidades apresentam para favorecer o engajamento e experiências de aprendizagem relacionadas à educação empreendedora?

Para responder à questão proposta, foi realizada uma análise exploratória e qualitativa dos elementos de gamificação presentes na plataforma da Escola de Inovadores do Centro Paula Souza, edição 2025. A análise buscou identificar a presença, a forma de operacionalização e as limitações desses elementos, estabelecendo relações com a literatura especializada em gamificação e educação empreendedora.

2 Fundamentação Teórica

2.1 A Evolução Conceitual da Gamificação e os Debates Educacionais

Inicialmente, é importante distinguir gamificação de aprendizagem baseada em jogos. Enquanto a aprendizagem baseada em jogos utiliza jogos como recurso ou ambiente central para a aprendizagem (Subhash; Cudney, 2018), a gamificação consiste na incorporação de elementos, mecânicas e princípios associados ao design de jogos em contextos que não são, originalmente, jogos (Deterding *et al*., 2011; Kapp, 2012). No presente estudo, o foco recai sobre a gamificação da experiência educacional proporcionada pela plataforma da Escola de Inovadores, especialmente sobre os elementos estruturantes utilizados para organizar e dinamizar o percurso formativo. Esse conceito de gamificação, entendido como o uso sistemático de elementos típicos de jogos em contextos não lúdicos, como a educação e a gestão, consolidou-se de forma mais expressiva a partir das últimas décadas (Deterding *et al*., 2011).

A inserção de recursos lúdicos e tecnológicos no ensino não ocorreu sem controvérsias. Historicamente, o uso de mídias digitais e softwares educacionais enfrentou forte resistência acadêmica. Autores como Cuban (1986; 2001) e Papert (1996) criticavam a incorporação acrítica de tecnologias que, muitas vezes, serviam apenas como ornamentos superficiais para métodos tradicionais, sem promover uma mudança estrutural no pensamento pedagógico. Na mesma linha, Postman (1985) alertava para o risco de que mídias eletrônicas fomentassem a distração, a superficialidade e o enfraquecimento do pensamento crítico.

Em contraponto a essas limitações, Kapp (2012, p. 17) define a gamificação de forma mais ampla como "o uso de mecânicas baseadas em jogos, estética e pensamento de jogos para engajar pessoas, motivar ações, promover a aprendizagem e resolver problemas". Quando a abordagem é fundamentada em elementos estruturantes, como progressão modular, desafios orientados por metas, feedback imediato e sistemas de recompensa simbólica, ela deixa de ser um artifício superficial e passa a promover ativamente a aprendizagem prática (Kapp, 2012).

Sob a perspectiva das ciências cognitivas, a dinâmica lúdica favorece a integração funcional entre os hemisférios cerebrais. Conforme aponta Piccini (2015), o hemisfério esquerdo responde pelo processamento lógico-analítico e pela linguagem, enquanto o direito concentra as capacidades criativo-expressivas e a sensibilidade artística. A eficiência do processamento cognitivo e a consolidação da memória dependem diretamente da ponte e do diálogo entre as duas instâncias (Piccini, 2015). Assim, as atividades gamificadas estimulam a integração ao exigir que o indivíduo participe de maneira ativa, responsiva e simultaneamente criativa e lógica.

Ademais, o ambiente lúdico funciona como uma abstração controlada da realidade, ao permitir que os estudantes experimentem situações, enfrentem obstáculos e cometam erros sem as consequências drásticas do mundo real, a gamificação reduz a barreira da inércia e estimula a experimentação (Kapp, 2012). Esse processo mobiliza reações emocionais, como a superação de desafios, a frustração controlada diante de falhas e a satisfação pelo avanço, podendo intensificar o engajamento afetivo e favorecer a retenção e a significação do conteúdo educacional. Desse modo, o uso estruturado de recursos lúdicos vai além da simples transmissão de conteúdos técnicos.

Murcia (2005) destaca que os jogos atuam como potentes veículos de comunicação e autoconhecimento, estimulando a construção da personalidade, a criatividade e a inteligência emocional. Indivíduos expostos a esse tipo de estímulo tendem a desenvolver maior autoconfiança, persistência e resiliência, competências socioemocionais (SEL - *Social Emotion Learn*) que se mostram indispensáveis para a formação contemporânea e para a atuação autônoma de futuros empreendedores (Oliveira *et al*., 2021; Naschenweng; Costa, 2025).

2.2 O Papel das Plataformas Gamificadas na Educação Empreendedora

A assimilação de conhecimentos na área do empreendedorismo transcende a mera transmissão de conceitos abstratos, exigindo o desenvolvimento prático de habilidades de gestão, adaptabilidade e tomada de

decisão em cenários complexos (Mandelli *et al*., 2024; Nishida; Pereira, 2022). Os métodos tradicionais de ensino, fundamentados majoritariamente em aulas expositivas, tendem a induzir uma postura passiva nos estudantes, limitando a fixação de habilidades comportamentais (Santos Junior, 2024). Em contrapartida, as abordagens inovadoras ancoradas na aprendizagem baseada em jogos (*game-based learning*) demonstram um alto potencial para engajar os discentes de forma ativa, reconfigurando o papel do aluno de um receptor passivo a protagonista do seu próprio aprendizado, enquanto o professor atua como um facilitador e mentor (Subhash; Cudney, 2018; Santos Junior, 2024; Costa *et al*., 2025). Ao articular o conhecimento técnico com atividades práticas e experimentais, estimulam-se processos reflexivos e investigativos essenciais à consolidação de competências empreendedoras (Costa *et al*., 2025).

Nesse panorama, a transposição pedagógica de conceitos e experiências empreendedoras para ambientes digitais gamificados apresenta-se como uma estratégia capaz de ampliar as possibilidades de experimentação, acompanhamento e progressão do estudante (Santos Junior, 2024; Naschenweng; Costa, 2025). No contexto da educação empreendedora, esses ambientes podem funcionar como espaços de experimentação controlada, nos quais os estudantes são convidados a testar ideias, formular hipóteses, receber feedback e revisar suas decisões sem que os erros produzam consequências equivalentes às encontradas em situações reais de mercado. As plataformas virtuais de aprendizagem operam como "abstrações controladas da realidade", mimetizando as dinâmicas de mercado em um espaço simulado e seguro (Kapp, 2012; Naschenweng; Costa, 2025). Esse "espaço seguro para errar" é fundamental para diminuir a inércia psicológica dos alunos, estimulando a experimentação ativa, o autoconhecimento, a gestão produtiva da frustração e o fortalecimento da autoconfiança (Kapp, 2012; Santos Junior, 2024).

A operacionalização prática da jornada empreendedora no ambiente virtual é viabilizada pelo design instrucional das plataformas, que estruturam as etapas de desenvolvimento de um negócio por meio de progressões modulares lógicas e regras claras (Kapp, 2012; Santos Junior, 2024). Em plataformas de aprendizado gamificadas, o percurso formativo é segmentado em níveis sucessivos, englobando desde o mapeamento inicial de problemas sociais ou de mercado e a formulação de hipóteses até as fases de validação de mercado, prototipagem (MVP) e modelagem final de soluções financeiramente viáveis (Santos Junior, 2024; Costa, 2025). Para sustentar o engajamento contínuo dos usuários na trilha educacional, são incorporadas mecânicas de jogos, como sistemas de pontuação cumulativa, medalhas virtuais de conquista (*badges*), rankings de desempenho interativos e feedbacks imediatos (Kapp, 2012; Santos Junior, 2024). Essas mecânicas

atuam como potentes reforços positivos que convertem o currículo teórico em uma narrativa envolvente de conquistas pessoais e coletivas (Kapp, 2012; Santos Junior, 2024).

No contexto brasileiro, programas de educação empreendedora, como o Programa Ignite da Wadhwani Foundation e a Escola de Inovadores do Centro Paula Souza, apresentam diferentes estratégias para favorecer a aprendizagem ativa e o desenvolvimento de competências relacionadas ao empreendedorismo, potencializando e/ou aprimorando competências socioemocionais, tais como a proatividade, a persistência, o cálculo de riscos e a persuasão em rede, fundamentais para a atuação no ecossistema de inovação (Costa *et al*., 2025; Naschenweng; Costa, 2025). No presente estudo, a Escola de Inovadores constitui o objeto empírico, sendo analisada especificamente quanto à presença e à organização de elementos estruturantes de gamificação em sua plataforma educacional. Dessa forma, a dinâmica gamificada fomenta comportamentos de cooperação, coordenação e networking estruturado na tomada de decisões complexas (Oliveira *et al*., 2021), bem como restrições de tempo, metas por etapas (*sprints*) e sob regras predefinidas, preparando os discentes para lidar com as incertezas contemporâneas (Costa *et al*., 2025).

3 Percurso Metodológico

A pesquisa caracteriza-se como exploratória, de abordagem qualitativa e natureza descritiva, tendo como objeto de análise a plataforma educacional gamificada utilizada pela Escola de Inovadores do Centro Paula Souza, edição 2025. O estudo concentrou-se na identificação e análise dos elementos estruturantes de gamificação incorporados à organização do percurso formativo, sem pretender mensurar diretamente a percepção dos participantes, o nível de engajamento ou a aquisição efetiva de competências empreendedoras.

A coleta de dados foi realizada por meio de observação direta da plataforma virtual e análise de documentos institucionais relacionados à organização das atividades. O procedimento contemplou a análise da arquitetura do ambiente, considerando aspectos mecânicos, estruturais, estéticos, comportamentais e sociais relacionados à experiência formativa.

Para a organização da análise, foram consideradas categorias derivadas da literatura sobre gamificação, especialmente da abordagem de Kapp (2012), contemplando: níveis e progressão modular; desafios aplicados; feedback; conquistas simbólicas; competição e cooperação; estética e design lúdico; autonomia e tomada de decisão; regras estruturantes;

imprevisibilidade; recompensas diversificadas; interação social estruturada; e reação emocional.

Cada categoria foi examinada a partir das evidências identificadas na plataforma e classificada quanto à sua presença, considerando três possibilidades analíticas: elemento presente, elemento parcialmente presente ou elemento ausente. A classificação foi acompanhada de análise crítica sobre a forma como cada recurso se encontra operacionalizado e sobre suas possíveis contribuições para experiências de aprendizagem relacionadas à educação empreendedora.

Os resultados foram posteriormente organizados em um quadro-síntese, permitindo relacionar os elementos teóricos de gamificação às características observadas na plataforma e às possibilidades de aprimoramento de seu design pedagógico. Ressalta-se que, por se tratar de uma análise funcional da arquitetura da plataforma, as interpretações referentes ao engajamento e ao desenvolvimento de competências empreendedoras são apresentadas como potencialidades teóricas, não como efeitos empiricamente comprovados.

4 Análise e Discussão dos Resultados

A análise da plataforma gamificada da Escola de Inovadores do Centro Paula Souza, edição 2025, fundamentada no arcabouço teórico de Kapp (2012), evidencia um conjunto de elementos estruturantes incorporados à organização do percurso formativo. O mapeamento realizado identificou recursos relacionados à progressão modular, regras, desafios, feedback, estética, recompensas, interação social e tomada de decisão, permitindo analisar em que medida esses elementos se encontram presentes e como podem contribuir potencialmente para experiências de aprendizagem empreendedora.

Na plataforma analisada, a organização das atividades proporciona uma experiência de aprendizagem estruturada em etapas, tarefas e desafios, aproximando determinados processos formativos da lógica de experimentação presente no desenvolvimento de projetos empreendedores. O feedback associado às atividades permite ao estudante acompanhar seu percurso e realizar ajustes ao longo das etapas. Esses recursos apresentam potencial para favorecer processos como experimentação, persistência, resolução de problemas e tomada de decisão; contudo, tais possibilidades decorrem da análise da estrutura da plataforma e não de evidências coletadas diretamente com os estudantes.

Em contrapartida, o exame crítico do modelo indica limitações estruturais frequentes nessa categoria de ferramentas. Na plataforma analisada, observaram-se limitações relacionadas principalmente à estruturação das dinâmicas de cooperação e competição, à personalização das trilhas de aprendizagem, à diversidade das recompensas e à presença de elementos de imprevisibilidade. Embora a organização linear das etapas favoreça a clareza do percurso formativo, a reduzida flexibilidade pode limitar a autonomia do estudante e a possibilidade de escolhas significativas. Da mesma forma, a ausência ou baixa estruturação de determinados elementos de interação e imprevisibilidade reduz a possibilidade de reproduzir, no ambiente simulado, situações de incerteza e adaptação características do contexto empreendedor. Essas características representam oportunidades de aprimoramento do design pedagógico da plataforma.

A investigação qualitativa realizada por meio da análise funcional da plataforma da Escola de Inovadores do CPS permitiu a construção de um Quadro Síntese que facilita a correlação temática dos principais fenômenos identificados:

Quadro-Síntese 1 – Análise dos elementos estruturantes de gamificação na plataforma da Escola de Inovadores do Centro Paula Souza – edição 2025

Elemento de Gamificação	Escola de Inovadores	Elemento Estruturante	Análise Crítica	Educação Empreendedora
Níveis e Progressão Modular	Organização da trilha em módulos sucessivos, com desbloqueio condicionado à conclusão das etapas anteriores.	Progressão gradual, regras e metas claras (Kapp, 2012).	Elemento presente. Favorece clareza no percurso formativo e reforça a lógica sistêmica. Pode ser ampliado com caminhos alternativos e maior personalização.	Persistência, acompanhamento de metas e percepção de progresso.
Desafios Aplicados	Atividades práticas como quizzes, exercícios conceituais e elaboração	Desafios orientados por metas, resolução de problemas práticos.	Elemento presente. Pode evoluir para desafios mais complexos ou simulações reais, a fim de aprofundar competências empreendedoras.	Resolução de problemas, experimentação, criatividade e aplicação prática de conhecimentos.

Elemento de Gamificação	Escola de Inovadores	Elemento Estruturante	Análise Crítica	Educação Empreendedora
	de artefatos empreendedores (ex.: BMC, MVP).			
Feedback Imediato	Notas instantâneas, desbloqueio de etapas e devolutivas pontuais em oficinas e webinars.	Retorno instantâneo para adaptação e aprendizagem ativa.	Elemento presente. O feedback é quantitativo; recomenda-se ampliar para devolutivas qualitativas, mais formativas.	Aprendizagem com base no erro, capacidade de adaptação e revisão de decisões.
Conquistas Simbólicas	Certificação ao final; possibilidade futura de emblemas digitais (*badges*).	Recompensas simbólicas, distintivos de mérito e reconhecimento.	Elemento parcialmente presente. A ampliação desse recurso pode reforçar motivação e reconhecimento simbólico.	Motivação, persistência e reconhecimento de etapas e realizações.
Competição e Cooperação	Premiação de projetos, momentos de apresentação coletiva e interação em fóruns.	Dinâmicas sociais de interação, cooperação e disputa saudável.	Elemento presente, com baixa estruturação. Recomenda-se equilibrar competição saudável e colaboração, expandindo atividades em grupo e desafios cooperativos.	Colaboração, comunicação, negociação, trabalho em equipe e construção de redes.
Estética e Design Lúdico	Uso de personagens, cores vivas, ícones de progresso e narrativa visual dividida em episódios.	Estética visual, suporte narrativo e imersão lúdica.	Elemento presente. Contribui para engajamento emocional, mas poderia ser aprofundado com narrativa contínua e maior imersão.	Envolvimento, identificação com o percurso e disposição para a experimentação.

Elemento de Gamificação	Escola de Inovadores	Elemento Estruturante	Análise Crítica	Educação Empreendedora
Autonomia e Tomada de Decisão	O aluno precisa realizar ações para avançar, mas segue uma trilha fixa e obrigatória.	Liberdade de escolha, protagonismo e agência do aprendiz.	Elemento parcialmente presente. Falta flexibilidade, escolhas significativas e personalização do percurso.	Autonomia, protagonismo e tomada de decisão.
Regras Estruturantes	Requisitos de conclusão, cronograma definido e atividades obrigatórias.	Limites normativos e restrições do ambiente simulado.	Elemento presente. Simula restrições importantes no contexto empreendedor. Pode incorporar regras estratégicas e condicionais mais complexas.	Compreensão de restrições, cumprimento de metas, planejamento e tomada de decisão sob condições determinadas.
Imprevisibilidade e Surpresas	Não identificada na plataforma.	Eventos aleatórios, *plot twists* e fator de incerteza (mercado real).	Elemento ausente. A inclusão de desafios surpresa, bônus, *plot twists* ou recompensas variáveis poderia aumentar engajamento e realismo.	Adaptabilidade, gestão da incerteza, flexibilidade e capacidade de resposta a mudanças.
Recompensas Diversificadas	Pontuação numérica e certificação final.	Sistemas variados de incentivo (moedas virtuais, bônus, medalhas).	Parcialmente presente. Faltam medalhas, títulos, moedas virtuais e recompensas personalizadas.	Motivação, persistência e percepção de realização. Desde que as recompensas estejam articuladas aos objetivos pedagógicos.
Interação Social Estruturada	Fóruns, webinars e apresentações coletivas.	Comunidades de prática, redes de colaboração e socialização.	Elemento presente, mas pouco gamificado. Sugere-se incluir missões colaborativas, desafios em equipe e dinâmicas sociais mais profundas.	Networking, colaboração, comunicação, troca de conhecimentos e construção coletiva de soluções.
Reação Emocional	Estética amigável e sensação	Engajamento afetivo, resiliência e gestão de	Elemento presente. Pode ser ampliado por meio de	Persistência, tolerância à frustração,

Elemento de Gamificação	Escola de Inovadores	Elemento Estruturante	Análise Crítica	Educação Empreendedora
	de progresso; linguagem motivadora.	frustrações controladas.	*storytelling* mais profundo e situações que despertem emoções variadas.	autoconfiança e disposição para experimentar e aprender com erros.

Fonte: Elaborado pelas autoras com base na observação da plataforma da Escola de Inovadores do Centro Paula Souza, edição 2025, e em Kapp (2012).

5 Conclusão

A investigação identificou que a plataforma da Escola de Inovadores do Centro Paula Souza, edição 2025, apresenta diferentes elementos estruturantes de gamificação incorporados ao percurso formativo, especialmente relacionados à progressão modular, desafios, feedback, regras e design lúdico. A presença desses elementos evidencia alinhamento entre determinadas características da plataforma e princípios abordados na literatura sobre gamificação e educação empreendedora, sugerindo potencial para promover experiências de aprendizagem ativa, experimentação e protagonismo dos estudantes.

Ao mesmo tempo, a análise revelou oportunidades de aprimoramento, particularmente quanto à flexibilidade das trilhas, à personalização do percurso, à diversificação das recompensas, à ampliação das interações sociais e à incorporação de situações de imprevisibilidade. Esses aspectos podem contribuir para tornar a experiência formativa mais dinâmica e próxima das condições de incerteza, escolha e adaptação presentes no contexto empreendedor.

Cabe ressaltar que os resultados decorrem da análise funcional da arquitetura da plataforma e de sua interpretação à luz da literatura especializada. Dessa forma, o estudo não permite afirmar que os elementos identificados tenham produzido efetivamente maior engajamento, aprendizagem ou desenvolvimento de competências empreendedoras entre os participantes. Recomenda-se, portanto, a realização de pesquisas empíricas que incorporem a perspectiva dos estudantes, por meio de instrumentos de avaliação de experiência do usuário, engajamento, aprendizagem e desenvolvimento de competências, possibilitando verificar em que medida as potencialidades identificadas na estrutura da plataforma se concretizam na experiência formativa.

Referências

CAMPOS, Lilian B. P. *et al*. Educação Empreendedora Para A Sustentabilidade: Práticas E Resultados De Uma Instituição Pública Brasileira. In: **Anais Do XI Fórum Sthem Brasil: Inovação Acadêmica e Aprendizagem Ativa**. São Paulo: Sthem Brasil, 2025.

COSTA, Barbara Regina Lopes. Educação empreendedora e competições estudantis: projetos inovadores criando pontes entre a academia e o ecossistema de inovação. In: CAMPOS, Lílian Barros Pereira *et al*. (orgs.). Desafios da atração de jovens para as áreas STEM: práticas e alternativas. **Anais do VI Seminário Regional sobre Metodologias Ativas no Ensino Superior (VI Sermaes) e V Encontro Internacional sobre Metodologias Ativas (V Eima)**. Itabira (MG): UNIFEI, 2025.

COSTA, Barbara Regina Lopes; CAMPOS, Lílian Barros Pereira; MANDELLI, Inês Mascara; ARAÚJO, Richard Medeiros de. Programa Ignite WF: integrando educação empreendedora, educação para a cidadania global e aprendizagem baseada em projetos. **South American Development Society Journal**, v. 11, n. 33, p. 183-202, 2025. DOI: 10.24325/issn.2446-5763.v11i33p183-202.

CUBAN, Larry. **Teachers and machines**: the classroom use of technology since 1920. New York: Teachers College Press, 1986.

CUBAN, Larry. **Oversold and underused**: computers in the classroom. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2001.

DETERDING, Sebastian *et al*. From game design elements to gamefulness: defining "gamification". In: **Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments**. New York: ACM, 2011. p. 9-15.

FELLNHOFER, Katharina. Toward a taxonomy of entrepreneurship education research literature: A bibliometric mapping and visualization. **Educational Research Review**. v. 27, p. 28-55, junho de 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.10.002

KAPP, K. M. **The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education**. San Francisco: Pfeiffer, 2012.

MANDELLI, Inês Mascara *et al*. Interação com o ecossistema local de inovação e práticas de educação empreendedora em universidades brasileiras. In: **35º ENANGRAD** - Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), 2024. Disponível em:

https://doity.com.br/anais/35-enangrad/trabalho/392323. Acesso em: 28 ago. 2026.

MURCIA, Juan Antonio Moreno. **Aprendizagem Através do Jogo**. Porto Alegre - RS: Artmed. 2005.

NAVARRO, Gabrielle. **Gamificação: a transformação do conceito do termo jogo no contexto da pós-modernidade**. Trabalho de Conclusão de Curso (Mídia, Informação e Cultura) CELACC/ECA, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

NASCHENWENG, Mariane Gomes Sievert; COSTA, Barbara Regina Lopes. **A gamificação como metodologia e estratégia para engajamento dos alunos no programa de educação empreendedora da Escola de Inovadores do Inova Centro Paula Souza.** In: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (CONIC-SEMESP), 25., 2025, São Paulo. **Anais eletrônicos**... São Paulo: Semesp, 2025. Disponível em: https://www.conic-semesp.org.br/anais/anais-conic.php?ano=2025&act=pesquisar. Acesso em: 27 ago. 2026.

NISHIDA, Alice Aiko; PEREIRA, Luis Henrique. **Práticas inovadoras no ensino superior brasileiro em um cenário de pandemia: adesão e adaptação de metodologias e tecnologias inovadoras no processo de aprendizado**. FGV RIC - Revista de Iniciação Científica, São Paulo, v. 2, jul. 2022.

OLIVEIRA, Tulio Augusto Andrade *et al*. Gamification and the development of socio-emotional skills in the classroom. **Research, Society and Development**, *[S. l.]*, v. 10, n. 7, p. e45110716799, 2021. Disponível em: https://rsdjournal.org/rsd/article/view/16799. Acesso em: 27 ago. 2026.

PAPERT, Seymour. **The connected family**: bridging the digital generation gap. Atlanta: Longstreet Press, 1996.

PICCINI, Leandro. **Como seu cérebro aprende?** Mato Grosso do Sul, 11 mar. 2015. Disponível em: https://estudareaprender.com/como-seu-cerebro-aprende/. Acesso em: 29 ago. 2026.

POSTMAN, Neil. Amusing ourselves to death: public discourse in the age of show business. New York: Viking Penguin, 1985.

SANTOS JUNIOR, Veríssimo Barros dos. **Estratégia gamificada para o ensino de empreendedorismo**: proposta metodológica prática para potencializar a pedagogia empreendedora no ensino superior em São Luís - MA. 2024. 130 f. Dissertação (Mestrado Interdisciplinar em Cultura e Sociedade) - Programa de Pós-Graduação em Cultura e Sociedade, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2024.

SUBHASH, S.; CUDNEY, E. A. Gamified learning in higher education: a systematic review of the literature. **Computers in Human Behavior**, v. 87, p. 192-206, 2018.

As autoras declaram que utilizaram a ferramenta de Inteligência Artificial Generativa ChatGPT, da OpenAI, como recurso de apoio durante o desenvolvimento deste trabalho, especificamente para revisão e aprimoramento da redação acadêmica, organização textual, verificação de consistência entre citações e referências e apoio à identificação de aspectos que demandavam revisão no manuscrito. A ferramenta não foi utilizada como fonte primária de dados, nem para substituir a análise, a interpretação dos resultados ou a responsabilidade autoral. Todo o conteúdo produzido com apoio da ferramenta foi revisado e validado pelas autoras, que permanecem integralmente responsáveis pela autoria, pela veracidade das informações, pela seleção e interpretação das fontes, pela análise apresentada e pelo conteúdo final do trabalho.

Apontamentos sobre Mario Quintana, o poeta das coisas simples

Rubens Pantano Filho[1]

Deixa-me Seguir para o Mar

Tenta esquecer-me... Ser lembrado é como
evocar-se um fantasma... Deixa-me ser
o que sou, o que sempre fui, um rio que vai fluindo...

Em vão, em minhas margens cantarão as horas,
me recamarei de estrelas como um manto real,
me bordarei de nuvens e de asas,
às vezes virão em mim as crianças banhar-se...

Um espelho não guarda as coisas refletidas!
E o meu destino é seguir... é seguir para o Mar,
as imagens perdendo no caminho...
Deixa-me fluir, passar, cantar...

toda a tristeza dos rios
é não poderem parar!

Mario Quintana

Mario Quintana homem comum

Mário de Miranda Quintana nasceu na cidade de Alegrete, município da região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul, distante 509 km de Porto Alegre, no dia 30 de julho de 1906. Foi o terceiro filho de Celso de Oliveira Quintana e Virgínia Palma de Miranda Quintana (Venturin, 2010).

Quintana iniciou seus estudos em sua cidade natal, na Escola Elementar Mista de Dona Mimi Contino (Dantas, 2015) e depois na escola do português Antônio Cabral Beirão. Com seus pais, aprendeu as primeiras noções de francês. Também foram eles que lhe apresentaram a poesia, algo marcante em sua infância, que ele levaria para o resto de sua vida e que "... mais tarde se transformaria em sua constante busca pela palavra precisa..." (Lima, 2016, p. 17).

[1] Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais, Mestre em Ensino de Física, Mestre em Engenharia e Ciência dos Materiais. Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP). *E-mail*: rubenspantano@ifsp.edu.br

Figura 1 – Mario Quintana quando criança



Fonte: autor desconhecido. **O poeta brasileiro Mario Quintana (1906-1994), quando criança**. 1907/1908. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mario_Quintana_criança.JPG

Em 1919, mudou-se para Porto Alegre, ingressando no Colégio Militar, no qual permaneceu em regime de internato até 1924. Nessa época, publicou seus primeiros versos na revista literária *Hyloea*, dos alunos do referido colégio.

Anos mais tarde, em 1923, sob o pseudônimo de "JB", Mário Quintana publicou um soneto no jornal de Alegrete. Um ano depois, em 1924, ele deixou o Colégio Militar e começou a trabalhar como atendente na Livraria do Globo, onde permaneceu durante três meses. Logo mais, em 1925, retornou para Alegrete, passando a trabalhar na Pharmácia Quintana, estabelecimento de seu pai.

Em 1926, Mário Quintana ficou órfão de mãe e fixou-se em Porto Alegre, época em que foi premiado em um concurso de contos do jornal "Diário de Notícias", com o conto "A Sétima Passagem". No ano seguinte, 1927, também ficou órfão de pai.

Em 1929, Quintana começou a trabalhar como tradutor na redação do jornal "O Estado do Rio Grande", dirigido por Raul Pilla um dos fundadores do Partido Libertador, do grupo dos chamados *maragatos* (Venturin, 2010), termo utilizado para identificar os federalistas no Rio Grande do Sul,

especialmente durante a Revolução Federalista (1893-1895). Foi nesse periódico que conheceu escritores e intelectuais como Augusto Meyer e Erico Verissimo.

Em 1930, a Revista Globo e o Correio do Povo publicaram os versos do poeta. No Golpe Militar do mesmo ano, o jornal "O Estado do Rio Grande" foi fechado e Mário Quintana partiu para o Rio de Janeiro, onde ingressou como voluntário no 7.º Batalhão de Caçadores de Porto Alegre. Seis meses depois, retornou para Porto Alegre e retomou seu trabalho como tradutor na Editora Globo, sob a direção de Érico Veríssimo (Venturin, 2010).

Mario Quintana poeta

Em 1934, Mario Quintana iniciou sua carreira de tradutor, publicando uma versão para o português do livro *Palavras e Sangue*, do escritor italiano Giovanni Papini (1881 - 1956). Segundo Trevisan (1996), nessa função teria traduzido em torno de 138 títulos, de vários autores, entre os quais: Emil Ludwig, Lin Yutang, Charles Morgan, Balzac, Guy de Maupassant, Voltaire, André Gide, Virgínia Woolf, Aldous Huxley, Somerset Maughan, Joseph Conrad e Graham Green.

Em 1936, Mário Quintana transfere-se para a Livraria do Globo, onde trabalha com Érico Veríssimo. Nessa época seus textos são publicados na revista *Ibirapuitan*.

Seu primeiro livro de poesia, *A Rua dos Cataventos*, obra que reúne sonetos de influência parnasiana, é publicado em 1940. A rua aludida, que é produto da imaginação do autor, consiste em um conjunto de 35 poemas sob a forma de soneto, dedicado aos irmãos Milton e Marietta (Martins, 2007). Nesse mesmo ano, ele também foi indicado para a Academia Brasileira de Letras. Sobre a publicação *A Rua dos Cataventos*, Martins (2007, p. 2) ainda assinala que:

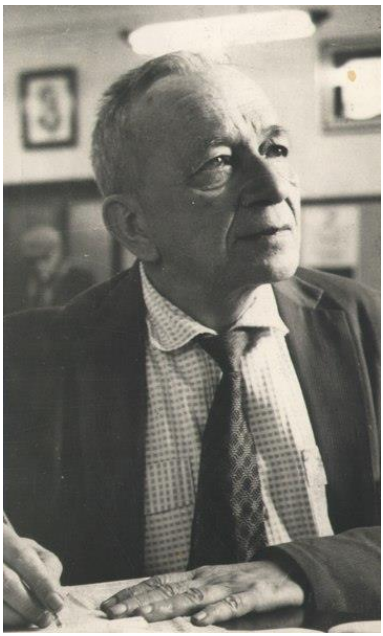
> O título da obra já revela características evasionistas do poeta, sendo que a rua aludida é produto da imaginação pura. No livro, o poeta personifica a cidade com a qual dialoga. Ele já adverte que a cidadeque será apresentada dentro da obra é a cidade que ele próprio pintou: um cenário urbano que faz parte de sua criação, distanciando-se do real e aproximando-se do mundo dos sonhos.

Na obra seguinte, *Canções*, de 1946, um marco na poesia de Quintana, o poeta abandona a rigidez formal dos sonetos, revela poemas de mais

liberdade formal, adotando uma linguagem mais livre e experimental, tendência que permanece em obras posteriores.

Segundo Trevisan (1996), no período entre 1947 e 1953, Mario Quintana publicou cinco livros: *O batalhão das letras* (1947), um poema infantil; *Sapato florido* (1948), poemas em prosa; *O aprendiz de feiticeiro* (1950), poemas de forma e verso livre; *Espelho mágico* (1951); e *Inéditos e esparsos* (1953).

Figura 2 – Mario Quintana.



Fonte: autor desconhecido. **Mario Quintana**. 1966. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mario_Quintana,_1966.tif

Em 1953, Quintana passou a trabalhar no Correio do Povo, jornal em que foi colunista da página de cultura até 1977. Em 1966, quando o poeta completou 60 anos, é publicada a sua *Antologia Poética*, com 60 poemas inéditos, organizada pelos escritores Rubem Braga (1913 - 1990) e Paulo Mendes Campos (1922 - 1991), pela qual Quintana recebeu o prêmio Fernando Chinaglia de melhor livro do ano.

Mario Quintana traduziu mais de 130 obras, entre elas *Em Busca do Tempo Perdido*, do francês Marcel Proust e *Mrs. Dalloway*, da escritora britânica Virginia Woolf.

Por sua obra, em 1967, ele recebeu o título de Cidadão Honorário de Porto Alegre. Em 1976, o poeta foi homenageado com a medalha Negrinho do Pastoreio, condecoração do governo do Rio Grande do Sul. Em 1980, recebeu o prêmio Machado de Assis, da Academia Brasileira de Letras, pelo conjunto da obra (Carvalhal, 2005). No ano seguinte, em 1981, o prêmio Jabuti, na categoria Personalidade Literária do Ano, pela Câmara Brasileira do Livro.

Em 1982, Mario Quintana recebeu o título de Doutor *Honoris Causa* outorgado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). No ano de 1986, receberia mais dois títulos *Honoris Causa* da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) e da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRGS). Em 1989, também recebeu mais duas vezes a mesma comenda pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e ainda pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) (Trevisan, 1996).

Quintana concorreu três vezes a uma vaga na Academia Brasileira de Letras (ABL), mas nunca conseguiu ganhar. Posteriormente, recusou o convite quando convidado para se candidatar pela quarta vez. Uma das teses sobre um de seus poemas mais populares, o "Poeminha do Contra", é que, diante dessas negativas para seu ingresso, ele o teria escrito como resposta bem humorada e sarcástica ao descaso dos "imortais":

Poeminha do Contra

Todos esses que aí estão
Atravancando o meu
caminho,
Eles passarão...
Eu passarinho!

Características literárias de Quintana

Mário Quintana é considerado um dos maiores nomes da poesia nacional (Rodrigues, 2016). Os críticos literários associam Quintana à segunda geração modernista, na qual os escritores passam a dedicar-se à reflexão sobre o mundo contemporâneo. Sobre a obra do poeta, Lisboa (2009, 225) assinala que:

> o sentido atemporal de sua poesia reforça ainda mais sua universalidade como poeta e nos remete para uma poesia centrada na existência da vida cotidiana, na qual tempo e espaço parecem pouco significativos. A

> grandeza de Quintana está em aliar técnica e inspiração, transformando a vida em matéria poética, sintetizando a existência humana e nos obrigando a refletirmos sobre a efemeridade da vida e sobre nossa condição de mortais.

Mestre da palavra, do humor e da síntese poética, a poesia, embora considerada por ele "um vício triste", foi sua maior companheira. A naturalidade e a espontaneidade da poesia de Quintana são elementos que conquistam até hoje seus leitores.

A simplicidade é uma das características de seus escritos; usando da linguagem coloquial, próxima da oralidade, mas, ao mesmo tempo, sensível e profunda, seus textos contemplam uma leitura delicada do cotidiano, buscando sempre a perfeição técnica. Um tom bem-humorado e irônico geralmente está presente em seus poemas, como pode ser observado nesta frase de sua autoria: "Era um grande nome - ora que dúvida! Uma verdadeira glória. Um dia adoeceu, morreu, virou rua... E continuaram a pisar em cima dele."

Com um amor e respeito pela natureza, ele descreve elementos naturais com detalhes e admiração. Seus poemas levam o leitor a refletir sobre os temas da vida; questionamentos existenciais estão bastante presentes em sua obra. Para ele, "O poeta se encarrega de catalisar, num gesto, a aparente simplicidade das coisas, revelando sua real complexidade." (Alves, 2015, p. 25).

Sobre a obra de Quintana, Lima (2016, p. 30) afirma o seguinte:

> Acreditamos que esse reconhecimento se deva ao fato de que Mario Quintana tenha conseguido, ao longo de seu trabalho como artífice da palavra, demonstrar uma consciência apurada de seu fazer poético, além de expressar as sutilezas do cotidiano, através de uma linguagem cristalina, mas não simplista ou medíocre e como poucos, conseguiu ser um lírico com humor. Fez das palavras a matéria de sua poesia e utilizou-as de maneira lúdica e descontraída, como as crianças o fazem, comunicando-se não apenas com os leitores da academia, mas tornou-se um poeta conhecido entre o grande público leitor comum. Adorado pelas crianças e admirado pelos adultos, sua poesia ultrapassou as fronteiras de Porto Alegre, onde é tido como componente da paisagem e do imaginário, e tornou-se conhecido em todo o país.

Lisboa (2009, p. 235) assinala que "... A grandeza de Quintana está em aliar técnica e inspiração, transformando a vida em matéria poética,

sintetizando a existência humana e nos obrigando a refletirmos sobre a efemeridade da vida e sobre nossa condição de mortais."

Essa grandiosidade de Quintana foi explicitada na saudação que lhe dirigiu Manuel Bandeira, em 25 de agosto de 1966, em sessão na Academia Brasileira de Letras (Venturin, 2010):

Meu Quintana, os teus cantares
Não são, Quintana, cantares:
São, Quintana, quintanares.

Quinta-essência de cantares...
Insólitos, singulares...
Cantares? Não! Quintanares!

Quer livres, quer regulares,
Abrem sempre teus cantares
Como flor de quintanares.

São cantigas sem esgares,
Onde as lágrimas são mares
De amor, os teus quintanares.

São feitos esses cantares
De um tudo-nada: ao falares,
Luzem estrelas e luares.

São para dizer em bares
Como em mansões seculares
Quintana, os teus quintanares.

Sim, em bares, onde os pares
Se beijam sem que repares
Que são casais exemplares.

E quer no pudor dos lares,
Que no horror dos lupanares,
Cheiram sempre teus cantares.

Ao ar dos ares,
Pois são simples, invulgares,
Quintana, os teus quintanares.

Por isso peço não pares,
Quintana, os teus cantares...
Perdão! Digo quintanares.

Impressões sobre a poesia Quintana: a experiência do tempo

Na obra *A vaca e o hipogrifo* (2008), precisamente no poema *"A poesia é necessária"* (Quintana, 2008, p. 238), Mário Quintana afirma que os leitores comuns são poetas inéditos, pois a poesia representa a única forma de novidade genuína. Nas palavras do autor:

> E, mesmo para os leitores de poemas, que são todos eles poetas inéditos, a poesia é a única novidade possível. Pois tudo já está nas enciclopédias, que só repetem estupidamente, como robôs, o que lhes foi incutido. Ou embutido. Ah, mas um poema, um poema é outra coisa...

Estimulado por essa provocação, arrisco-me a registrar algumas impressões sobre o que sua poesia desperta em mim, um leitor comum.

A obra de Quintana dedica-se a refletir sobre os pequenos acontecimentos do cotidiano, revelando as sutilezas da vida comum. A crítica especializada destaca sua habilidade em transformar o trivial em matéria poética de alcance universal, o uso de ironia e humor, a profundidade que contrasta com a leveza, a influência do Modernismo mesclada a um estilo próprio e uma escrita concisa e acessível.

Contudo, o que, a meu ver, mais a distingue é sua capacidade de despertar sensações que a vida moderna, com seu ritmo frenético, tende a sufocar.

O poema *"A vida"* (Quintana, 2008, p. 76), por exemplo, cria um lapso de suspensão temporal, como se nos colocasse na contramão da pressa e do imediatismo da vida moderna que nos assola com a constante sensação de estarmos atrasados, sobrecarregados de mensagens e mergulhados em notificações incessantes:

A vida

Se a vida é tão curta como dizes
Por que é que me estás lendo até agora?

Um poema com estrutura de pergunta retórica que, em tom irônico e reflexivo, provoca o leitor. Pode ser interpretado como uma crítica social, como mencionado acima ou como um comentário metalinguístico, no qual o autor brinca com o fato de estar sendo lido.

A estrutura de pergunta retórica, em tom irônico e reflexivo, provoca o leitor a confrontar a contradição entre discurso e prática: se a vida é curta, por que desperdiçamos tanto tempo? Trata-se de um convite à reflexão sobre nossas escolhas cotidianas e da atual configuração social. O poema também pode ser interpretado como crítica social ou comentário metalinguístico - o autor brinca com o simples fato de estar sendo lido.

O tema também se manifesta em *"Verão"* (Quintana, 2008, p. 79), como neste trecho:

"A tarde é uma tartaruga com o casco pardacento de poeira, a arrastar-se interminavelmente. Os ponteiros estão esperando por ela. Eu só queria saber quem foi que disse que a vida é curta..."

A metáfora da tarde como uma tartaruga evoca a lentidão, a monotonia e o peso do tempo. O *"casco pardacento de poeira"* reforça a ideia de desgaste, enquanto *"a arrastar-se interminavelmente"* intensifica a sensação de que o tempo não passa. Alguns leitores, mais imediatistas, podem perceber a cena como sufocante; no entanto, para mim, os versos seguintes revelam um tom libertador*:*

"Os ponteiros estão esperando por ela."

Aqui, Quintana inverte a lógica do tempo: não é a tarde que segue os ponteiros, mas os ponteiros que parecem depender do ritmo arrastado da tarde. O efeito é o de uma suspensão temporal, como se até o relógio fosse incapaz de acelerar a experiência. E não é justamente o tempo - ao lado do espaço - um luxo da vida moderna?

Por fim, no verso *"Eu só queria saber quem foi que disse que a vida é curta..."*, Quintana encerra com ironia e crítica. Depois de descrever uma tarde interminável, questiona o clichê da brevidade da vida. O contraste entre a lentidão do momento e a pressa do mundo: talvez o tempo não seja, afinal, algo objetivo, mas uma experiência subjetiva, moldada por nossa sensibilidade.

A meu ver, a obra de Mário Quintana é, antes de tudo, um convite à contemplação - um resgate das sensações que, no turbilhão do cotidiano, correm o risco de serem esquecidas.

As obras de Quintana

- A Rua dos Cata-ventos (1940)
- Canções (1946)
- Sapato Florido (1948)
- O Batalhão de Letras (1948)
- O Aprendiz de Feiticeiro (1950)
- Espelho Mágico (1951)
- Inéditos e Esparsos (1953)
- Poesias (1962)
- Antologia Poética (1966)
- Pé de Pilão (1968) – literatura infanto-juvenil
- Caderno H (1973)
- Apontamentos de História Sobrenatural (1976)
- Quintanares (1976)A Vaca e o Hipogrifo (1977)
- Prosa e Verso (1978)
- Na Volta da Esquina (1979)
- Esconderijos do Tempo (1980)
- Nova Antologia Poética (1981)
- Mário Quintana (1982)
- Lili Inventa o Mundo (1983)
- Os Melhores Poemas de Mário Quintana (1983)
- Nariz de Vidro (1984)
- O Sapato Amarelo (1984) – literatura infanto-juvenil
- Primavera Cruza o Rio (1985)
- Oitenta Anos de Poesia (1986)
- Baú de Espantos (1986)
- Da Preguiça como Método de Trabalho (1987)
- Preparativos de Viagem (1987)
- Porta Giratória (1988)
- A Cor do Invisível (1989)
- Antologia Poética de Mário Quintana (1989)
- Velório sem Defunto (1990)
- A Rua dos Cata-ventos (1992)
- Sapato Furado (1994)

- Mário Quintana – Poesia completa (2005)
- Quintana de Bolso (2006)
- Objetos Perdidos y Outros Poemas (1979) – Buenos Aires, AR.
- Mário Quintana. Poemas (1984) – Lima, Peru.

Anos finais

Mário Quintana não se casou nem teve filhos. Não tinha domicílio fixo, viveu de 1968 até 1980 no Hotel Majestic, na Rua dos Andradas; em seguida, ficou alojado no Hotel Royal, na Rua Marechal Floriano; e, finalmente, no Apart Hotel Residence, na Rua André da Rocha, todos situados no centro histórico de Porto Alegre (Alves; Miranda, 2017). Em 1983, o Hotel Majestic, onde o poeta morou de 1968 a 1980, foi tombado como patrimônio histórico e transformou-se na Casa de Cultura Mario Quintana (Lima, 2016).

Figura 3 – Casa de Cultura Mario Quintana



Fonte: Renato Soares. **Casa de Cultura Mario Quintana**. 2018. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RenatoSoares_CasadeCulturaMarioQuintana_PortoAlegre_RS_(40256588664).jpg

Mario Quintana, o poeta das coisas simples, por sua linguagem acessível e temas cotidianos, faleceu perto de completar 88 anos, no dia 5 de maio, de 1994, em Porto Alegre, de insuficiência cardíaca e respiratória. Sua morte comoveu tremendamente seu estado natal. Ele estava internado no Hospital Moinho de Ventos em Porto Alegre com infecção intestinal e

insuficiência respiratória. Seus restos mortais estão sepultados no Cemitério São Miguel e Almas, em Porto Alegre.

Referências

ALVES, Priscila Viana; MIRANDA, Elis de Araújo. Uma leitura geográfica da obra de Mario Quintana. **Paper do NAEA**, v. 26, n.º 1 (Ed. 377), 2017, p. 1-15.

CARVALHAL, Tania Franco. Itinerário de Mario Quintana. In: QUINTANA, Mario. **Mario Quintana***:* poesia completa: em um volume. Organização de Tania Franco Carvalhal. Rio de Janeiro: Nova Aguilar, 2005.

DANTAS, Cloacir Gomes. **"Quem sou eu?"**: uma (re)construção do sujeito por meio da narrativa autobiográfica – proposta didática com um olhar nas interações em sala de aula. 2015. Relato de Experiência. (Mestrado Profissional em Letras em Rede Nacional). 102 f. Universidade Federal do rio Grande do Norte. Currais Novos, 2015.

LIMA, Tatiana Vieira. **Mario Quintana**: a (re)invenção lírica da infância. 2016. Dissertação (Mestrado em Letras). 86 f. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2016.

LISBOA, Tânia Winch. Consciência e Inspiração como Possibilidades Poéticas em Mario Quintana. **Signo**, v. 34, n.º 57, jul/dez 2009, p. 219-238.

MARTINS, Anna Faedrich. Porto Alegre, a "pequena cidade grande" de Mario Quintana. **Revista Eletrônica de Crítica e Teoria de Literaturas**, v. 3, n.º 2, jul/dez 2007, p. 1-13.

QUINTANA, Mario. **A vaca e o Hipogrifo**. Rio de Janeiro: MEDIAfashion, 2008.

RODRIGUES, Walace. As reflexões de Mario Quintana sobre o fim da vida. **Almanaque Multidisciplinar de Pesquisa**, Ano III, v. 1, n.º 2, 2016, p. 68-78.

TREVISAN, Armindo. **Mario Quintana:** poeta gaúcho e universal. Porto Alegre: Prata, 1996.

VENTURIN, Daiane. **Poética de Mario Quintana**: uma teoria recortada a partir do Caderno H. 2010. Dissertação (Mestrado em letras). 113 f. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2010.

Uma abordagem introdutória da Teoria fuzzy[1]

Alberto Martins[2]

Introdução

Diversos problemas encontrados na engenharia, economia, medicina, ciências ambientais e inteligência artificial envolvem conceitos naturalmente vagos, como "temperatura elevada", "velocidade adequada", "risco moderado" ou "distância próxima" (Yager; Filev, 1994). Tais conceitos não admitem fronteiras rigorosamente definidas, dificultando sua representação por meio da lógica clássica, baseada exclusivamente nos valores verdadeiro e falso.

Diferentemente da lógica clássica, baseada em valores binários, a Teoria *fuzzy* admite graus de pertinência no intervalo [0,1], permitindo modelar fenômenos cujas fronteiras não são rigidamente definidas.

Com o objetivo de representar matematicamente essa forma de conhecimento impreciso, Lotfi A. Zadeh introduziu, em 1965, a teoria dos conjuntos *fuzzy*, permitindo que a pertinência de um elemento a um conjunto fosse expressa por graus de pertinência pertencentes ao intervalo [0,1], em vez de apenas pelos valores binários 0 e 1 (Zadeh, 1965).

Embora frequentemente associadas, probabilidade e teoria *fuzzy* tratam naturezas distintas de incerteza. A probabilidade descreve a ocorrência aleatória de eventos bem definidos, enquanto a teoria *fuzzy* representa a vagueza existente na definição dos próprios conceitos (Bassanezi, 2010; Klir, 1995).

O presente artigo tem como objetivo apresentar os principais fundamentos da teoria dos conjuntos *fuzzy*, enfatizando sua interpretação matemática, suas operações fundamentais e a definição dos números *fuzzy*, procurando estabelecer uma base conceitual para estudos posteriores em lógica *fuzzy* e suas aplicações.

---

[1] Este artigo é parte da introdução teórica da tese de doutorado "*Integral de Sugeno e o Teorema Fundamental do Cálculo fuzzy - Aplicações"* (Martins, 2023), defendida pelo autor no Programa de Doutorado em Matemática Aplicada - Imecc/ Unicamp.

[2] Doutor em Matemática Aplicada. *E-mail*: albertomar@uol.com.br

Diferentemente das abordagens introdutórias usuais, este trabalho procura ilustrar a construção de funções de pertinência por meio de um problema de modelagem associado à percepção de proximidade em rodovias, explorando interpretações geométricas dos parâmetros envolvidos e indicando possibilidades de generalização dessa família de funções.

Conceitos básicos da Lógica fuzzy

Na lógica clássica, a caracterização de um conjunto ocorre pela avaliação da pertinência de seus elementos, ou seja, cada elemento pertence ou não pertence ao conjunto (Klir, 1995).

Definição 1. Considere U um conjunto universo. Um conjunto A, contido em U, é descrito por uma função denominada **característica**:

$$\varphi_A: U \rightarrow \{0,1\}$$

onde: $\varphi_A(x) = 1$, se $x \in A$, e $\varphi_A(x) = 0$, se $x \notin A$.

Proposição: Verdadeira (1) ou Falsa (0)

Na lógica *fuzzy*, a função característica é substituída por uma função denominada **pertinência**.

Definição 2. Seja U um conjunto universo. Um conjunto A, contido em U, será *fuzzy* se for descrito por uma função de **pertinência**:

$$\varphi_A: U \rightarrow [0,1]$$

O valor $\varphi_A(x)$ é determinado pelo grau de pertinência de x em A, de modo que:

- Se $\varphi_A(x) = 0$, então x não pertence a A;
- Se $0 < \varphi_A(x) < 1$, então x pertence parcialmente a A, sendo $\varphi(x)$ o seu grau de pertinência;
- Se $\varphi_A(x) = 1$, então x pertence totalmente a A.

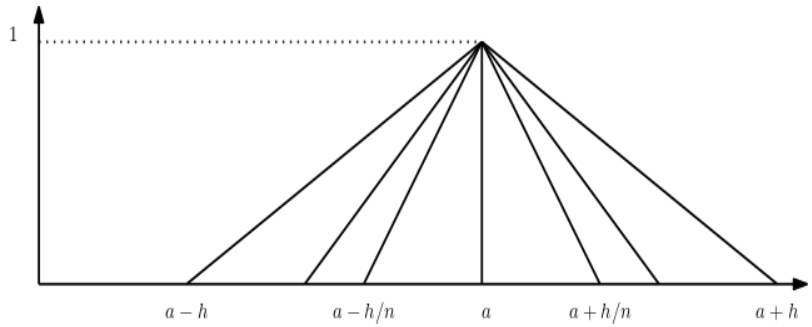
O fato de o contradomínio expandir-se de {0,1} (verdadeiro ou falso) para o intervalo contínuo [0,1] permite interpretar matematicamente termos

subjetivos como “talvez”, “pouco”, “muito” e outros. Essa transição ocorre por meio da atribuição de graus de pertinência, o que reduz as incertezas inerentes à linguagem humana (Zadeh, 1965). A função de pertinência $\varphi_A(x)$ caracteriza de forma única o conjunto *fuzzy* A, sendo um instrumento poderoso para modelar diversas situações práticas.

Para ilustrar essa aplicabilidade, considere a modelagem matemática do seguinte cenário: próximo ao quilômetro a = 45 de uma rodovia ocorreu um acidente. A afirmação “próximo ao quilômetro 45” é essencialmente subjetiva, pois não se restringe à distância espacial, engloba as condições do percurso. Se a estrada não for pavimentada, apresentando-se esburacada, a noção de proximidade é influenciada pela dificuldade de acesso. Por outro lado, em uma rodovia duplicada e bem asfaltada, a percepção de proximidade aumenta.

Essa incerteza subjetiva do termo “próximo” pode ser formalizada matematicamente através da definição de conjuntos *fuzzy*, cujas diferentes propostas de funções de pertinência aplicáveis a este exemplo estão representadas graficamente na Figura 1. Nesse exemplo, o universo U considerado será o conjunto dos números reais positivos e $\varphi(x)$ a função que define o grau de pertinência da proximidade da posição “x” em relação ao quilômetro a = 45.

Figura 1 – Gráficos da família de funções de pertinências.



Fonte: elaborada pelo autor.

A escolha da função de pertinência adequada constitui uma atribuição do especialista, fundamentada na análise empírica das características do problema (Bassanezi, 2010). Na Figura 1, ilustram-se diversas opções de modelagem para o cenário proposto. A primeira função de pertinência é representada por um triângulo de base máxima, no qual a constante h denota o limite superior da distância espacial avaliada como “próxima” ao acidente.

Para os demais modelos, indexados por n ∈ N, o valor h/n passa a delimitar esse raio de vizinhança, gerando funções triangulares cujo grau de pertinência é estritamente positivo no intervalo (a - h/n, a + h/n).

Nota-se, portanto, que cada valor de n estabelece um modelo matemático distinto para parametrizar a noção de proximidade em relação ao ponto a = 45. A adequação de cada gráfico varia segundo a infraestrutura da via: a primeira hipótese (rodovia duplicada e pavimentada) expande essa percepção, justificando a adoção do valor a - h , ou seja, n = 1. Inversamente, a segunda hipótese (rodovia em condições precárias) restringe o conceito de perto, sendo melhor representada por suportes estreitos (valores menores para h/n). Resumindo, no modelo proposto, valores maiores de n correspondem a condições de estrada menos favoráveis, resultando em uma percepção mais restrita de proximidade.

No presente exemplo, assume-se que o comportamento do trajeto é uniforme, o que legitima o emprego de funções de pertinência lineares por partes (triangulares). Todavia, cabe ressaltar que a flexibilidade da modelagem matemática *fuzzy* permite a utilização de curvas caso a variabilidade das condições ao longo do percurso exija maior "complexidade analítica."

Identificando $a_n = a - h/n$ e $b_n = a + h/n$, indicamos por φA_n as funções de pertinência que modelam a família da Figura 1, para cada n ∈ N. O universo considerado será o conjunto dos reais positivos R^+, sendo elas explicitadas analiticamente por:

$$\varphi A_n: R^+ \rightarrow [0,1]$$

$$\varphi_{An}(x) = \begin{cases} \frac{x - a_n}{a - a_n}, se\ x \in [a_n, a] \\ \frac{b_n - x}{b_n - a}, se\ x \in (a, b_n] \\ 0, se\ x \notin [a_n, b_n] \end{cases}$$

O suporte de A_n é caracterizado e indicado por:

$$\text{supp } An = (a_n, b_n) \text{ (ver def. 1.3)}$$

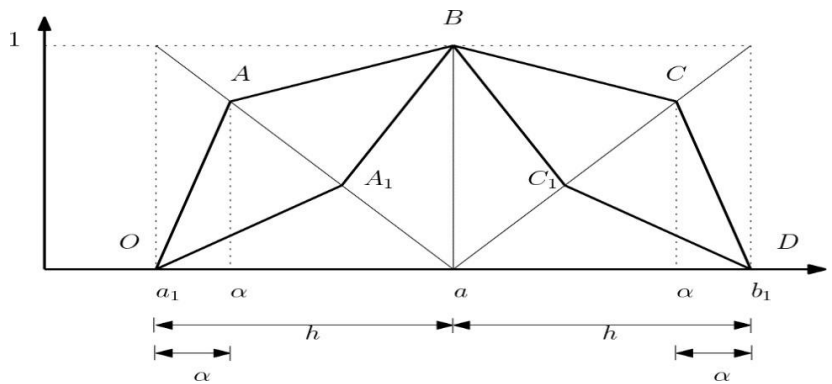
No presente caso, pode-se também considerar a hipótese de que o percurso seja heterogêneo. Se determinado trecho anterior ao quilômetro a = 45 apresentar condições favoráveis de tráfego até certo ponto e, a partir desse

ponto, a via se torne desfavorável, a percepção de proximidade deixará de ser simétrica, refletindo a mudança na dinâmica do deslocamento. Essa assimetria interfere diretamente na geometria da função de pertinência adotada para representar o evento.

Tais circunstâncias poderão ser modeladas de forma precisa por funções de pertinência poligonais assimétricas, cujos comportamentos distintos são representados pelos polígonos OABCD ou OA_1BC_1D, conforme ilustrado na Figura 2. O segmento OA mostra que o trecho tem boa qualidade de tráfego, sendo os graus de pertinência **mais acentuados**, enquanto no percurso relativo a AB a pertinência é **contrária**, indicando a importância da interpretação dos coeficientes angulares. Essa flexibilidade geométrica consolida a modelagem matemática *fuzzy* como uma ferramenta perfeitamente adaptável à natureza mutável e subjetiva dos fenômenos reais.

No entanto, nota-se pela Figura 2 que essa proposta geométrica assume uma restrição estrutural: os pontos A e A_1 deslocam-se estritamente sobre a diagonal dos vértices (a,0) e (a_1,1), do retângulo definido pelos vértices (a_1,0), (a_1,1), (a,0) e (a,1); enquanto os pontos C e C_1 deslocam-se sobre a diagonal (a,0); (b_1,1), do retângulo delimitado por (b_1,0), (b_1,1), (a,0) e (a,1). Essa restrição de movimento introduz uma propriedade de simetria linear que viabiliza a aplicação direta de **semelhanças de triângulos**, facilitando significativamente a dedução analítica das equações que definem a função de pertinência do sistema.

Figura 2 – Família de funções de pertinência.



Fonte: elaborada pelo autor.

Considerando $a_1 = a - h$ (com $h > 0$) e $b_1 = a + h$, com $\alpha \in (0, h)$. Após fixar o valor h, para cada α definido haverá uma função de pertinência, cujo

gráfico será o polígono com os respectivos vértices OABCD (ou OA1BC1D). As equações correspondentes às funções de pertinência para os polígonos da Figura 2, que modelam possíveis interpretações, são estruturadas por partes.

$$\varphi_{(h,\alpha)}(x) = \begin{cases} \left(1 - \dfrac{\alpha}{h}\right) \dfrac{x - a_1}{\alpha}, \text{ se } x \in (a_1, a_1 + \alpha) \\ 1 - \dfrac{\frac{\alpha}{h}(a - x)}{h - \alpha}, \text{ se } x \in [a_1 + \alpha, a] \\ 1 - \dfrac{(x - a)\frac{\alpha}{h}}{h - \alpha}, \text{ se } x \in (a, b_1 - \alpha] \\ \left(1 - \dfrac{\alpha}{h}\right) \left(\dfrac{b_1 - x}{\alpha}\right), \text{ se } x \in (b_1 - \alpha, b_1) \\ 0, \text{ se } x \notin (a_1, b_1). \end{cases}$$

Em suma, nas Figuras 1 e 2 as funções de pertinência modelam possíveis interpretações para o conceito subjetivo de "próximo" em relação ao ponto a = 45. Nesse escopo, os parâmetros a, h, a_1 e b_1 denotam, respectivamente, a quilometragem exata do acidente, a incerteza associada à proximidade, o menor marco quilométrico considerado próximo ao quilômetro 45 (antes do acidente) e o maior marco considerado próximo (após o acidente).

Sob a perspectiva dos limites assintóticos, observa-se que, à medida que a incerteza h tende a zero, a função de pertinência converge para a função característica do conjunto unitário {45}.

Adicionalmente, verifica-se que a família de funções representada na Figura 1 constitui um caso particular da Figura 2 quando parametrizada por α = h/2.

Visto que a modelagem proposta na Figura 2 restringe o deslocamento dos vértices A, A_1 e C, C_1 às diagonais dos retângulos, propõe-se como **questão aberta, modelar o evento** — isto é, determinar as funções de pertinência admitindo que os pontos A e C, possam assumir quaisquer coordenadas no interior de seus respectivos retângulos, preservando continuidade e linearidade. Para essa generalização, sugere-se a adoção de parâmetros distintos: h_1, h_2 para h e α_1, α_2 para α. (Martins, 2023).

Operações com Conjuntos fuzzy

As operações de interseção e união entre conjuntos *fuzzy* são caracterizadas, respectivamente, pelos conceitos de mínimo (ou ínfimo) e máximo (ou supremo). Assim, se A e B são conjuntos *fuzzy* em um universo U, as funções de pertinência que definem os conjuntos (A∩B) e (A∪B) são dadas por

$$\varphi_{(A \cap B)}(x) = \min\{\varphi_A(x), \varphi_B(x)\} \text{ ou } \varphi_{(A \cap B)}(x) = \varphi_A(x) \wedge \varphi_B(x)$$

$$\varphi_{(A \cup B)}(x) = \max\{\varphi_A(x), \varphi_B(x)\} \text{ ou } \varphi_{(A \cup B)}(x) = \varphi_A(x) \vee \varphi_B(x)$$

Os operadores ∧ e ∨ denotam, respectivamente, ínfimo e supremo. O complemento do conjunto *fuzzy* A, denotado por A^c, é univocamente definido pela função de pertinência:

$$\varphi_{A^c}(x) = 1 - \varphi_A(x).$$

Por meio das funções de pertinência, podem ser facilmente demonstradas as seguintes propriedades fundamentais para quaisquer conjuntos *fuzzy* A, B e C definidos em um mesmo universo de discurso U:

- **Comutativas:** $A \cap B = B \cap A$ e $A \cup B = B \cup A$;
- **Associativas:** $A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C$ e $A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C$;
- **Idempotência:** $A \cup A = A$ e $A \cap A = A$;
- **Distributivas:** $A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$ e $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$;
- **Identidade:** $A \cap \emptyset = \emptyset$ e $A \cup \emptyset = A$ (onde ∅ representa o conjunto vazio, cuja função de pertinência é nula);
- **Universo:** $A \cup U = U$ e $A \cap U = A$ (onde U representa o conjunto universo, cuja função de pertinência é a constante igual a 1);
- **Leis de De Morgan:** $(A \cup B)^c = A^c \cap B^c$ e $(A \cap B)^c = A^c \cup B^c$.

Esses operadores clássicos propostos por Zadeh — nos quais a interseção é definida pelo operador conjunção (mínimo), a união pelo operador disjunção (máximo) e a negação (complemento) por $\varphi_{A^c}(x) = 1 - \varphi_A(x)$ — satisfazem naturalmente as Leis de De Morgan (Zadeh, 1965).

Posteriormente, a teoria dos conjuntos *fuzzy* foi generalizada por meio da introdução de famílias de operadores de negação, t-normas e t-conormas. Nessa abordagem, os operadores mínimo, máximo e o complemento de Zadeh

passam a constituir apenas um caso particular dentre diversas possibilidades matematicamente admissíveis (Zadeh, 1992).

Nessa formulação mais geral, as Leis de De Morgan deixam de ser uma consequência automática das definições adotadas. Nesse caso, as Leis de De Morgan são satisfeitas quando a t-norma e a t-conorma são duais em relação ao operador de negação adotado. Na teoria moderna, diferentes t-normas e t-conormas, como as de Produto, Łukasiewicz e Hamacher, permitem modelar distintos comportamentos de agregação da informação. A escolha desses operadores depende da natureza do problema e das propriedades matemáticas desejadas, como continuidade, associatividade, monotonicidade e dualidade.

Definição 3. Sejam U um conjunto Universo, A um conjunto *fuzzy* e φ_A função de pertinência de A. O suporte de A, denotado por supp A, é definido pelo conjunto clássico:

$$\text{supp A} = \{x \in \text{U}: \varphi_A(x) > 0\}$$

Observação 1.1

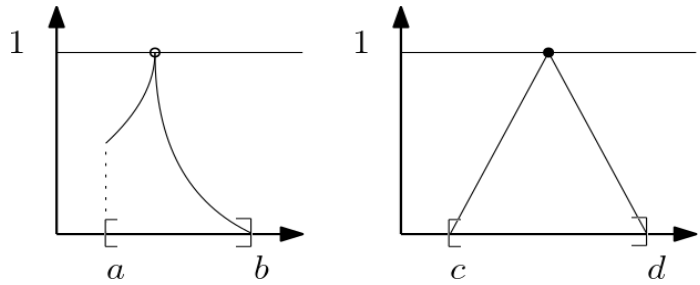
a) A será subconjunto de B (A⊆B) se, e somente se, $\varphi_A \leq \varphi_B$;

b) Considerando um universo de discurso U, denota-se por **F(*U*)** a classe de todos os conjuntos *fuzzy* sobre U, ou seja, o conjunto de todas as funções de pertinência mapeadas em U.

Definição 4. Seja A ∈ F(U). O conjunto *fuzzy* A é dito **normal** se o supremo da função de pertinência for 1.

$$\sup \varphi_A(x) = 1 \; ; \; x \in U$$

Figura 3 – Exemplos de conjuntos *fuzzy* normais.



Fonte: elaborada pelo autor.

Definição 5. O **cerne** (ou núcleo) de um conjunto *fuzzy* A ∈ F(U) é o subconjunto clássico:

$$\text{cerne}(A) = \{x \in U:\ \varphi A(x) = 1\}$$

Definição 6. Um conjunto *fuzzy* A sobre o universo U é dito ***crisp*** (clássico ou determinístico) se a função de pertinência assumir apenas valores binários 0 e 1:

$$\varphi_A : U \to [0,1]$$

$$\varphi_A(x) = \begin{cases} 1 \; se \; x \in A \\ 0 \; se \; x \notin A \end{cases}$$

Essa construção permite interpretar qualquer número real y como um caso particular de conjunto *fuzzy* crisp, considerando A={y} e o universo U=R (reais), possibilitando a imersão dos conjuntos clássicos no domínio dos conjuntos *fuzzy*.

Definição 7. Seja $A \in F(U)$, $\alpha \in (0, 1]$. O α-nível (ou α-corte) de A, indicado por $[A]^{\alpha}$ é o subconjunto clássico de U dado por:

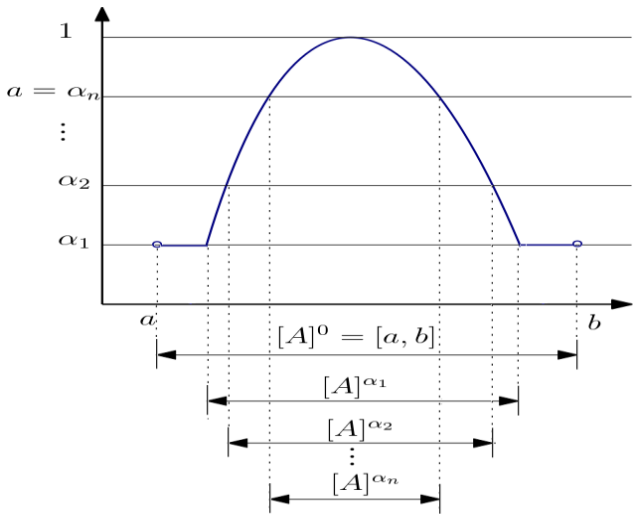
$$[A]^{\alpha} = \{x \in U : \varphi_A(x) \geq \alpha,\ \alpha \in (0, 1]\}.$$

Supondo que U seja um espaço métrico, define-se o α -nível zero como o fecho topológico do suporte:

$$[A]^0 = \overline{\text{supp}\,(A)} \quad \textit{(fecho do suporte de A).}$$

A Figura 4 ilustra geometricamente uma situação em que o suporte difere do α -nível zero, na qual supp (*A*) = (a , b) e $[A]^0$ = [a, b].

Figura 4 – Gráfico em que supp $(A) \neq [A]^0$.



Fonte: elaborada pelo autor.

Números *fuzzy*

Definição 8. Seja A ∈ F(R) um conjunto *fuzzy* sobre os reais. Diz-se que A é um número *fuzzy* se:

(i) Todos os α-níveis $[A]^{\alpha}$, $\alpha \in (0, 1]$ *forem intervalos fechados convexos em* R;

(ii) supp *A for limitado.*

Com essa definição, os α-níveis $[A]^{\alpha}$ de *A* serão intervalos fechados para $\alpha \in (0, 1]$, sendo possível demonstrar que todo número *fuzzy A* é unicamente determinado pelos seus α-*níveis*:

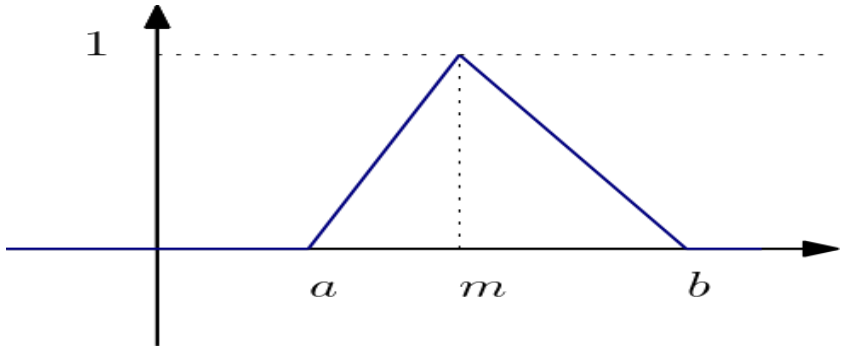
$A = \{[a^{\alpha}, b^{\alpha}], \alpha \in (0, 1]\}$. Note que, para todo número *fuzzy A*, $[A]^1 \subseteq$ R.

Isso implica a existência de ao menos um elemento x ∈ R tal que $\varphi_A(x)=1$, ou seja, *A* será um conjunto **normal**.

Números *fuzzy* usuais:

Triangulares **-** *Notação: A = (a, m, b)*

Figura 5 – Número *fuzzy* triangular.

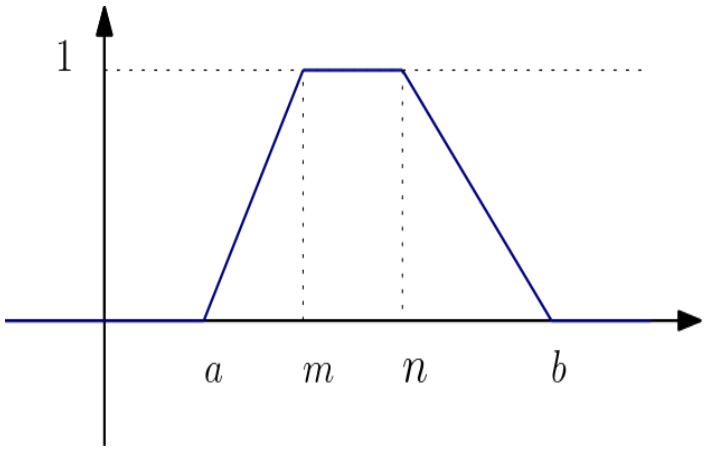


Fonte: elaborada pelo autor.

$$\varphi(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{m-a} se\ x \in [a,m] \\ \frac{b-x}{b-m} se\ x \in (m,b] \\ 0\ se\ x\ \notin\ [a,b] \end{cases}$$

Trapezoidais - *Notação:* $A = (a, m, n, b)$

Figura 6 – Número *fuzzy* trapezoidal.

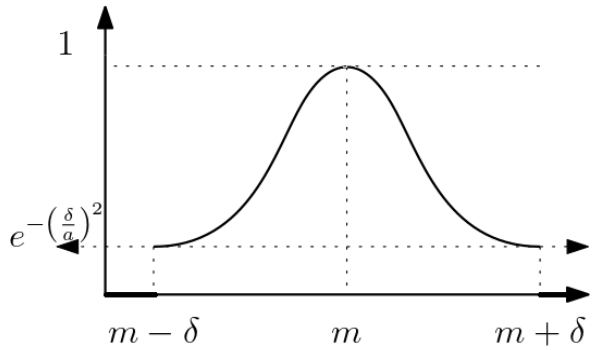


Fonte: elaborada pelo autor.

$$\varphi(x) = \begin{cases} \dfrac{x-a}{m-a}, se\ x \in [a, m], \\ 1, \quad se\ x \in [m, n] \\ \dfrac{b-x}{b-n}, se\ x \in (n, b] \\ 0, se\ x \notin [a,\ b] \end{cases}$$

***Gaussianos**: Notação: A = (m, a, δ)*

Figura 7 – Número *fuzzy* gaussiano.



Fonte: elaborada pelo autor.

$$\varphi : \mathrm{R} \rightarrow [0, 1]$$

$$x \mapsto \varphi(x) = \begin{cases} e^{-\left(\frac{x-m}{a}\right)^2} \ se\ x \in [m-\delta, m+\delta] \\ \\ 0 \ se\ x \notin [m-\delta, m+\delta] \end{cases}$$

Operações com Números *fuzzy*

O Teorema da Representação de Zadeh (1965) estabelece que todo conjunto *fuzzy* é unicamente determinado pela família de seus α-níveis. Como os α-níveis de um número *fuzzy* são intervalos fechados e convexos, as operações entre números *fuzzy* podem ser definidas por meio das operações correspondentes realizadas sobre esses intervalos em cada nível α. Dessa forma, a aritmética *fuzzy* pode ser construída a partir da aritmética intervalar aplicada aos seus α-níveis, conforme as seguintes definições.

Definição 9. (Operações intervalares) Considere os intervalos fechados**:**

$$A = [a_1 , a_2]: a_1 , a_2 \in R , a_1 \leq a_2$$

$$B = [b_1 , b_2]: b_1, b_2 \in R , b_1 \leq b_2$$

Definem-se as operações:

$$A + B = [a_1 + b_1,\ a_2 + b_2]$$

$$A - B = [a_1 - b_2,\ a_2 - b_1]$$

$$\lambda . A = \lambda . [a_1, a_2] = \begin{cases} [\lambda . a_1, \lambda . a_2] se\ \lambda \geq 0 \\ [\lambda . a_2, \lambda . a_1] se\ \lambda < 0 \end{cases}$$

$$A \cdot B = [\min P, \max P],\ \text{com } P = \{ a_1 . b_1, a_1 . b_2 , a_2 . b_1 , a_2 . b_2 \}$$

$$\frac{A}{B} = [a_1 , a_2] \cdot [\frac{1}{b2} , \frac{1}{b1}]; \text{com } 0 \notin B$$

Obs.: Um número real k pode ser descrito por [k , k]

Para operar com os números *fuzzy* consideramos os α-níveis do conjunto e as operações intervalares, através da seguinte definição:

Definição 10. Sejam A e B números *fuzzy* identificados por seus α-níveis (intervalos fechados), $[A]^{\alpha}$, $[B]^{\alpha}$. Então,

$$[A + B]^{\alpha} = [A]^{\alpha} + [B]^{\alpha}$$

$$[A - B]^{\alpha} = [A]^{\alpha} - [B]^{\alpha}$$

$$[\lambda . A]^{\alpha} = \lambda . [A]^{\alpha} = \lambda . [a1^{\alpha} , a2^{\alpha}] \quad [A \cdot B]^{\alpha} = [A]^{\alpha} \cdot [B]^{\alpha}$$

$$\left[\frac{A}{B}\right]^{\alpha} = \frac{[A]^{\alpha}}{[B]^{\alpha}}$$

Considerações finais

Este artigo apresentou uma introdução aos principais conceitos da teoria dos conjuntos *fuzzy*, abordando a definição de funções de pertinência, a

construção geométrica e a generalização das funções de pertinência associadas ao conceito de proximidade, bem como a aritmética de números *fuzzy* baseada em α-níveis.

Procurou-se destacar que a principal contribuição da teoria *fuzzy* consiste em permitir a representação matemática de conceitos vagos presentes na linguagem humana, possibilitando modelos mais próximos da realidade observada (Zadeh, 1965).

A construção das famílias de funções de pertinência apresentadas ao longo do texto evidencia como diferentes interpretações de um mesmo fenômeno podem ser formalizadas matematicamente, ressaltando o papel do especialista na definição dos modelos.

Os conceitos apresentados constituem base para temas mais avançados, como sistemas de inferência *fuzzy*, medidas *fuzzy*, integrais de Sugeno e Choquet, otimização, controle inteligente e aplicações em inteligência artificial.

Referências

BASSANEZI, Rodney; BARROS, Laécio. **Tópicos de Lógica *fuzzy* e Biomatemática.** 2. ed. Campinas: Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica (Imecc). Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), 2010.

KLIR, George J.; YUAN, Bo. **Fuzzy Sets and *fuzzy* Logic**: Theory and Applications. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1995.

MARTINS, Alberto. **Integral de Sugeno e o Teorema Fundamental do Cálculo *fuzzy***: aplicações. 2023. 134 f. Tese (Doutorado em Matemática Aplicada) – Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica (Imecc), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, 2023.

YAGER, Ronald R.; FILEV, Dimitar P. **An Introduction to *fuzzy* Logic Applications in Intelligent Systems**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994.

ZADEH, Lotfi A. Fuzzy Sets. **Information and Control**, v. 8, n. 3, p. 338–353, 1965.

ZADEH, Lotfi A.; KACPRZYK, Janusz (eds.). ***Fuzzy* Set Theory and Its Applications.** 2. ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1992.

Apresentação da Extensão da Sequência de Fibonacci

***Ricardo Ferreira Arantes*[1]**
***Rodrigo Gontijo de Alvarenga*[2]**
***Maria Cristina Campos Mendonça Alvarenga*[3]**

Introdução

Pretendemos aqui apresentar uma maneira de ver uma Extensão da Sequência de Fibonacci (ESF), caminhando para o lado de onde, até agora, ela se inicia. Não se trata de coelhos negativos, ou de falta de coelhos, mas sim, de uma abstração matemática, que apresenta uma boa consistência.

Fibonacci - Pequena História

Leonardo Fibonacci nasceu em Pisa no ano de 1170. Seu pai, o mercador Guglielmo Bonacci, tornou-se tabelião público dos mercadores de Pisa na cidade de Bogia, à beira do Mediterrâneo, na Argélia. Ele levou Leonardo consigo, e o fez estudar contabilidade usando a Matemática árabe. Leonardo Fibonacci voltou para Pisa em 1202, levando consigo todo aquele conhecimento matemático, e introduzindo os algarismos hindu-arábicos na Europa. Ele escreveu aproximadamente cinco ou seis livros, sendo um deles o "Liber Abaci" ou "Livro de Cálculo", no qual o seu terceiro capítulo apresenta o conhecido problema dos coelhos. Da solução desse problema surgiu a Sequência de Fibonacci. (O'Connor & Robertson, 1998)

Fibonacci e o Problema dos Coelhos

Um casal de coelhos pequenos, ou seja, a um mês da maturação para o cruzamento, é cercado em um terreno no qual terão água e alimentos, mas

[1] Mestre em Automação. Engenheiro Eletricista e Eletrônico. *E-mail*: rfarantes@outlook.com.br
[2] Mestre em Educação de Ciências. Licenciado em Física. *E-mail*: rodrigog.alvarenga@gmail.com
[3] Especialista em Gestão de Projetos, Bacharel em Ciência de Computação e em Administração. Analista em Gestão de Pessoas na Embrapa Meio Ambiente - Jaguariúna. *E-mail*: crisalvaren@gmail.com

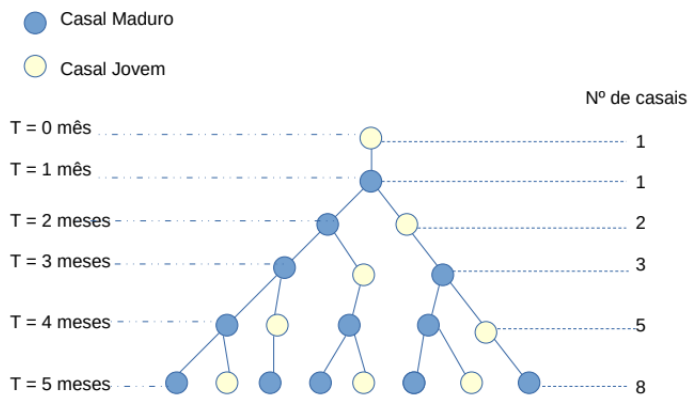
não poderão sair do cerco. Quantos casais de coelhos teremos em um ano, sendo que:

- O tempo de maturação sexual de um casal é de um mês.
- Todo casal se reproduz gerando sempre um outro casal.
- Nenhum coelho morre ou é retirado do cercado durante esse ano.

Solução do Problema

Criaremos aqui um esquema de "árvore" para apresentarmos o que acontece com os casais no decorrer do tempo.

Figura 1 – Árvore de Reprodução dos Coelhos.



Fonte: elaborada pelos autores.

O número de casais no decorrer do tempo é a sequência de Fibonacci. Note que basta somar o primeiro com o segundo para obtermos o terceiro número (1 + 1 = 2). Seguindo: (1 + 2 = 3), (2 + 3 = 5).

1 1 2 3 5 8 13 21 34 55 89 144 233...

Tabela 1 – Número de casais ao longo do tempo.

casais	1	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89	144	233
mês	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Fonte: elaborada pelos autores.

A resposta está explicitada na última coluna da tabela acima, mas esse problema dos coelhos nos deu a sequência de Fibonacci, que aparece muito na natureza, seja no desenho de galáxias, na forma de um caracol, ou mesmo de um girassol. Vejamos como isso se dá através duma razão natural que é o número irracional Fi (φ = 1,618...) ou número áureo.

Dedução do Número Áureo ou Número de Fibonacci

Temos um segmento de reta seccionado da seguinte maneira:

Figura 2 – Segmento de reta seccionado.



Fonte: elaborada pelos autores.

Queremos achar uma razão x que seja simultaneamente igual a $\frac{A}{B}$ e igual a $\frac{A+B}{A}$, ou seja, o comprimento maior dividido pelo comprimento menor deve ser igual ao comprimento total dividido pelo comprimento maior. Assim temos que $x = \frac{A}{B} = \frac{A+B}{A}$. Podemos escrever: $\frac{A}{B} = \frac{A}{A} + \frac{B}{A}$.

Substituindo $x = \frac{A}{B}$ e $\frac{1}{x} = \frac{B}{A}$, teremos: $x = 1 + \frac{1}{x}$. Multiplicando os dois lados por x, teremos: $x^2 = x + 1$ ou ainda, $x^2 - x - 1 = 0$. Temos uma equação de segundo grau:

$ax^2 + bx + c = 0$. Sendo a = 1, b = –1 e c = –1

Usando a fórmula de Bháskara, $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2-4ac}}{2a}$, temos duas soluções:

$$x_1 = \frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a} \rightarrow x_1 = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \rightarrow x_1 = 1{,}618...$$

é o próprio número áureo Fi (φ), irracional e positivo, obtido por $\varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$. Esta é a resposta para o problema geométrico acima.

No entanto, temos outra raiz:

$$x_{2} = \frac{-b-\sqrt{b^2-4ac}}{2a} \rightarrow x_{2} = \frac{1-\sqrt{5}}{2} \rightarrow x_2 = -0{,}618\ ...$$

é o inverso do oposto do número áureo Fi (φ) (irracional e negativo). Então, se $x_1 = \varphi$, temos que $x_2 = -\frac{1}{\varphi}$, ou ainda, $x_2 \cong -\frac{1}{1{,}618}$.

Substituindo o valor de φ na equação $x = 1 + \frac{1}{x}$, confirmamos a validade das raízes encontradas: $1{,}618 \cong 1 + \frac{1}{1{,}618}$ ou $1{,}618 \cong 1 + 0{,}618$.

Se para a equação de segundo grau $ax^2 + bx + c = 0$ onde a = 1, b = −1 e c = −1 usarmos a relação de Girard (do produto das raízes) $x_1.x_2 = \frac{c}{a}$, encontramos $x_1.x_2 = \frac{-1}{1} = -1$. Logo para os coeficientes dados, o produto das raízes fica: $x_1 . x_2 = -1$.

Aplicando os valores x_1 e x_2 obtidos, confirmamos o produto como: $1{,}618.(-\frac{1}{1{,}618}) = -1$. Entretanto, a raiz x_2 negativa não fazia sentido para Fibonacci em 1202.

De acordo com as respostas obtidas via Inteligência Artificial[4], apesar de Fibonacci ter introduzido o conceito de zero na Europa, o conceito de número negativo demorou mais alguns séculos para se consolidar naquele continente.

Como dissemos acima, a sequência de Fibonacci aparece muito na natureza, seja no desenho de uma galáxia, de um caracol, ou de um girassol. Abaixo vemos uma Espiral Áurea, aqui exemplificada de uma maneira simples e fácil para se entender como ela pode ser obtida: usando um papel quadriculado, desenhamos 2 quadrados de lado 1 e "encostamos" um no outro. Na Figura 3 a seguir os dois estão na vertical. O próximo número da sequência é 2, assim criamos um quadrado de lado 2 e encostamos nos dois quadrados de lados iguais a 1. Obtemos um retângulo áureo de lados 3 e 2. Assim, desenhamos um quadrado de lado 3. E assim por diante. Reescrevendo a sequência até 34.

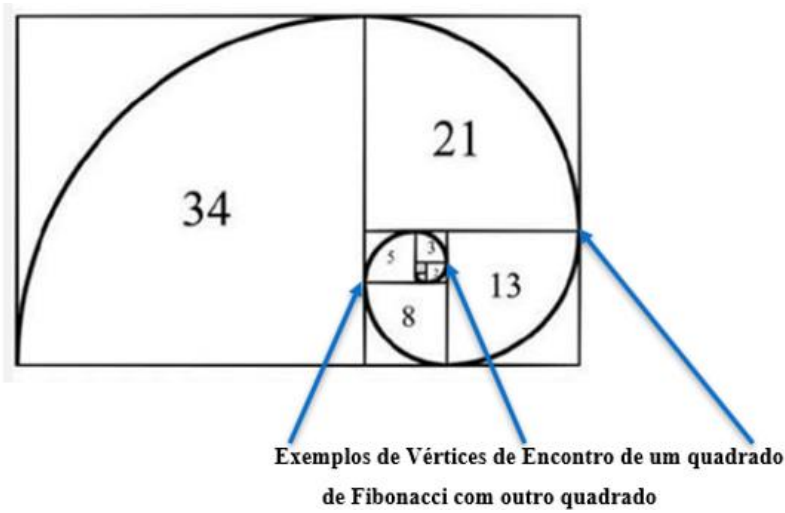
Tabela 2 – Alguns números da sequência de Fibonacci.

1	1	2	3	5	8	13	21	34

Fonte: elaborada pelos autores.

[4] Resposta gerada pelo modelo Gemini, versão 3.6 Flash, da Google, em resposta ao comando: "E os números negativos, surgiram quando na Europa?" Acesso em: 01 ago. 2026.

Figura 3 – Espiral Áurea.



Fonte: elaborada pelos autores.

Ao desenharmos um novo quadrado "encostado" no anterior, obtemos um vértice. Nesses vértices, marcamos um ponto para traçar a figura da Espiral Áurea.

O Número Áureo e a Sequência de Fibonacci

Note que o crescimento dos quadrados, cujas áreas estão em Sequência de Fibonacci, nos proporciona a figura acima. Mas como a referida sequência segue o número φ?

Retomando a sequência e caminhando da direita para a esquerda, observamos que se tomarmos a razão do número mais à direita (D) pelo seu antecessor à esquerda (E), obteremos a razão(r), ou seja, D/E = r , como apresentadas abaixo:

Tabela 3 – Sequência e razão.

Seq.	1	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89	144	233	377
Razão	1,0000	2,0000	1,5000	1,6667	1,6000	1,6250	1,6154	1,6190	1,6176	1,6182	1,6180	1,6181	1,6180	

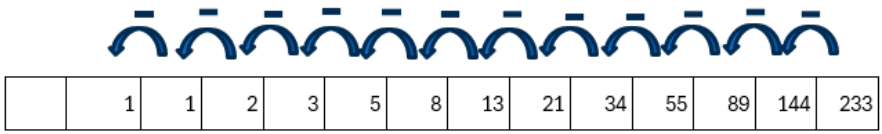
Fonte: elaborada pelos autores.

Exemplos: $1/1 = 1$, $2/1 = 2$, $3/2 = 1{,}5 \rightarrow 233/144 = 1{,}6181$. A razão é o número abaixo do divisor da razão. Por exemplo o número abaixo de 2 é 1,5 (razão $3/2 = 1{,}5$). Analisando os valores das razões (D/E = r) com quatro casas decimais, notamos que ao caminhar para a direita na sequência, eles convergem naturalmente para o valor 1,6180..., ou seja, tendem ao valor de φ.

A Nossa Visão da Sequência de Fibonacci

Pedimos agora uma "licença matemática" (não poética) para fazermos algumas abstrações. Os números da sequência crescem por soma: 1 + 1 = 2, 1 + 2 = 3..., mas se ao invés de somar à direita, escolhermos um número da série e subtrair o anterior, ou seja, à esquerda:

Tabela 4 – Série com subtração.



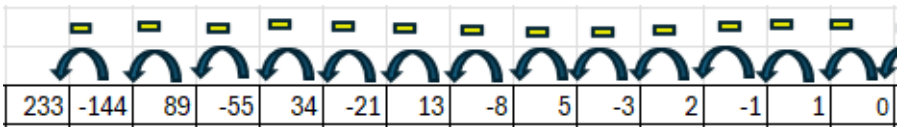
	1	1	2	3	5	8	13	21	34	55	89	144	233

Fonte: elaborada pelos autores.

233 – 144 = 89→144 – 89 = 55... 2 – 1 =1 até chegar a 1 – 1= 0. Continuaremos a calcular as razões (D/E = r), mas lembrando que **não poderemos dividir por zero**!

Apresentamos as subtrações (D – E) nos quadros abaixo, tendo organizado os resultados delas, no sentido da direita para a esquerda:

Tabela 5 – As subtrações.

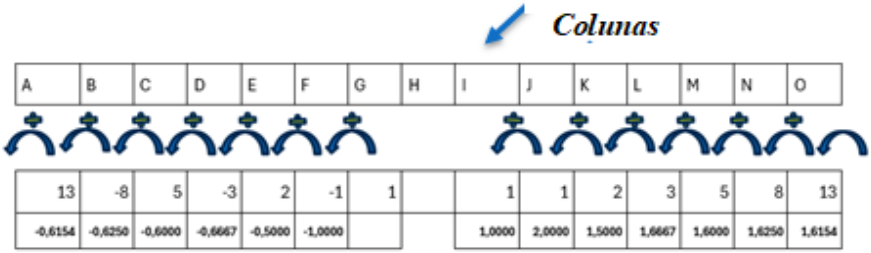


233	-144	89	-55	34	-21	13	-8	5	-3	2	-1	1	0

Fonte: elaborada pelos autores.

Agora, refazendo os cálculos das razões (D/E = r) com os números acima e caminhando da direita para a esquerda, notamos que a partir da terceira linha (ver quadro abaixo), elas tendem ao valor – 0,618 , ou seja, $-\frac{1}{\varphi}$:

Tabela 6 – Sequência e razão.



Fonte: elaborada pelos autores.

Lembre-se de que: A razão é o número abaixo do divisor da razão. Por exemplo o número abaixo de -3 é -0,6667 (razão $\frac{2}{-3} = -0{,}6667$).

Nossa redistribuição dos valores da sequência, demonstra que ao caminhar do que seria o zero (0) ou centro para à esquerda, as razões (D/E = r) tendem à – 0,618, e ao caminhar para direita, tendem ao valor 1,618. Vale a pena ressaltar que no limite, as razões da sequência de Fibonacci tendem aos valores das raízes da equação de segundo grau: $x_1 = \varphi$ (à direita) e $x_2 = -\frac{1}{\varphi}$ (à esquerda) e ainda, que preservam a relação máxima dada pelo produto: $x_1 \,.\, x_2 = \frac{c}{a} = \frac{-1}{1} = -1$, ou seja, 1,618 (- $\frac{1}{1{,}618}$) = – 1. Então, se multiplicarmos as razões "simétricas", dos dois lados, teremos aproximadamente – 1, como resultado esperado, conforme a Tabela 7 abaixo:

Tabela 7 – Produto entre Razões.

Número da Coluna com Número de sua Coluna simétrica, ambos na *Linha 2* ou (identificador de colunas)	**Razão r da coluna da esquerda (*Linha 3*)**	**Razão r da coluna da direita (*Linha 3*)**	**Produto das razões r das colunas da esquerda com as das colunas da direita**
2 com 2 ou (E com K)	-0,5000	1,5000	-1,2500 (próximo de -1)
-3 com 3 ou (D com L)	-0,6667	1,6667	-1,1111 (próximo de -1)
5 com 5 ou (C com M)	-0,6000	1,6000	-0,9600 (próximo de -1)
-8 com 8 ou (B com N)	-0,6250	1,6250	-1,0156 (próximo de -1)
13 com 13 ou (A com O)	-06154	1,6154	-0,9941 (próximo de -1)

Fonte: elaborada pelos autores.

Conforme esperado, as multiplicações acima se aproximam de -1. E ainda, as razões na sequência, quanto mais avançamos para a esquerda, mais próximos estaremos de $-\frac{1}{\varphi}$ e quanto mais avançarmos para a direita, mais próximos estaremos de φ. Desta forma, a multiplicação dos elementos da segunda linha de cada coluna "simétrica" tenderá cada vez mais a –1. Assim, exemplificando com as colunas 233 à esquerda e 233 à direita, temos:

Tabela 8 – Produto entre duas Razões

233 com 233	**233 à esquerda**	**233 à direita**	**produto**
	-144 /233 = -0,618025751	233/144 = 1,6180055556	-1,000000000

Fonte: elaborada pelos autores.

Obs.: vale ressaltar que não é todo produto que dá – 1, eles "tendem" a – 1(veja a Tabela 1).

O Problema do Zero

Agora, perceba que, se voltarmos à subtração no lado direito e prosseguirmos para o lado esquerdo, aparecerá o zero ao fazermos apenas as subtrações:

Tabela 9 – Subtrações

-3	2	-1	1	0	1	1	2	3
-0,6667	**-0,5000**	**-1,0000**			**1,0000**	**2,0000**	**1,5000**	**1,6667**

Fonte: elaborada pelos autores.

3 – 2 = 1, 2 – 1 = 1, 1 – 1 = 0, 0 – 1 = -1, 1 - (-1) = 2, -1 – 2 = -3...

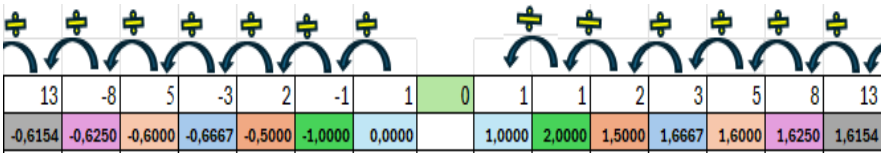
Até aqui, tudo bem, porém teremos dois problemas para "fecharmos" as divisões:

- **PROBLEMA 1:** 1 divido por zero (1/0) Não é possível! Pegamos o dividendo e não dividimos por "nada ou ninguém". Não é uma divisão!

- **PROBLEMA 2:** Zero dividido por 1 (0/1) não está gerando um número **negativo**, como a estrutura da Extensão da Sequência de Fibonacci (ESF) está requerendo, na célula vazia. O resultado é zero.

Assim, temos em zero uma singularidade, o que acarreta um zero na divisão de zero por 1, adentrado à extensão do lado esquerdo. A melhor forma de apresentarmos esta sequência, acreditamos ser esta:

Tabela 10 - Tabela da Extensão da Sequência de Fibonacci.



Fonte: elaborada pelos autores.

Temos discussões sobre tal singularidade, mas será tema para um artigo vindouro.

Portanto, podemos escrever a Sequência de Fibonacci como uma escala crescente de valores de $-\infty$ até $+\infty$, passando pela singularidade em zero (0). Sendo ainda que as razões (r =D/E) sejam usando valores à esquerda (E) e à direita (D) em análise crescente ou decrescente, levam-nos, no limite, aos valores de Phi "raízes áureas" $x_1 = \varphi$ (à direita da sequência) e $x_2 = -\frac{1}{\varphi}$ (à esquerda da sequência) de uma Equação de Segundo Grau $ax^2 + bx + c = 0$, onde a = 1, b = – 1 e c = –1, que por si só já representa a própria essência da razão $x = 1 + \frac{1}{x}$ geradora dos números de Fibonacci.

Em artigos futuros, vamos explorar algumas particularidades que podem, dentro do escopo da "Extensão da Sequência de Fibonacci (ESF), trazer luz à algumas possíveis indeterminações matemáticas.

Referências

O'CONNOR, J. J. & ROBERTSON, E. F. **Leonardo Pisano Fibonacci**. Mac Tutor, 1998. Disponível em https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Fibonacci/. Acesso em: 05 Ago. 2026.

SEQUÊNCIA DE FIBONACCI. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2026. Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Sequência_de_Fibonacci&oldid=72108185. Acesso em: 20 abr. 2026.

O pêndulo simples: experimento e relatório virtual

***Cláudio Sérgio Sartori*[1]**
***Irval Cardoso de Faria*[2]**

Introdução

Pêndulo simples é um instrumento ou uma montagem que consiste em um objeto de massa *m* oscilando em torno de um ponto fixo O. O braço, de comprimento *L*, executa movimentos alternados em torno da posição central, chamada *posição de equilíbrio*. A amplitude angular inicial denomina-se θ_m. É muito utilizado em estudos da força peso e do movimento oscilatório.

O pêndulo ocupa um lugar especial na história da ciência porque esteve envolvido no desenvolvimento da mecânica, da astronomia, da gravitação, da metrologia e até da demonstração da rotação da Terra.

Cronologia histórica

O movimento oscilatório já era observado em balanços, instrumentos musicais, dispositivos hidráulicos e relógios primitivos. Os gregos estudaram vibrações e movimentos periódicos, mas não há evidências de uma teoria quantitativa do pêndulo. Cerca de 300 a.C., Aristóteles (1930) estudou o movimento dos corpos, mas sua física não permitia uma descrição correta das oscilações.

Galileo Galilei (1638) contribuiu para o nascimento da ciência do pêndulo. Em 1581, fez observações de um lustre balançando na Catedral de Pisa, constatando que oscilações pequenas possuíam praticamente o mesmo período e pouco dependiam da amplitude. Essa propriedade ficou conhecida como isocronismo aproximado do pêndulo. Embora não seja rigorosamente verdadeira para grandes amplitudes, a aproximação é excelente para ângulos pequenos. Realizou os experimentos medindo os períodos usando seus batimentos cardíacos como cronômetro. Concluiu que o período *T* era proporcional ao comprimento *L*: $T \propto \sqrt{L}$.

[1] Doutor em Ciências pela Unicamp. E-mail: claudio.sartori@fatec.sp.gov.br
[2] Doutor em Ciências pela Unicamp. E-mail: irval.faria@fatec.sp.gov.br

Em 1638, Galileo Galilei (1914) contribuiu com estudos mais completos sobre queda dos corpos e oscilações.

Christian Huygens (1673) elaborou a teoria matemática e construiu o primeiro relógio de pêndulo realmente funcional, em 1673. A precisão saltou de erros de dezenas de minutos por dia, para erros de poucos segundos por dia. Foi uma revolução tecnológica. Seu livro, *Horologium Oscillatorium*, é considerado um dos livros mais importantes da história da mecânica. Huygens deduziu a fórmula do período:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Estudou o centro de oscilação e introduziu conceitos que antecipam a mecânica clássica; investigou a curva chamada cicloide e mostrou que ela possui a propriedade tautócrona: todos os corpos chegam ao fundo no mesmo tempo. Isso permitiu projetar relógios mais precisos.

Newton realizou experimentos com pêndulos para estudar colisões, massa, conservação do momento e resistência do ar. Em 1687, em seu livro *Principia: Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, empregou o pêndulo como ferramenta experimental para validar aspectos de sua mecânica e transformou-o num instrumento para medir g. Nascia a gravimetria.

No século XVIII, o pêndulo tornou-se instrumento científico para estudar a Terra em expedições geodésicas e, de 1735 a 1744, a Expedição de Pierre Louis Maupertuis (1738) teve como objetivo medir o formato da Terra e verificar se era achatada nos polos, como previa Newton. Os resultados confirmaram a teoria newtoniana. Foi definido o chamado pêndulo de segundos: período total $T = 2\,s$; e cada meia oscilação dura 1 segundo, utilizando um comprimento aproximado de: $L \approx 0{,}994\,m$. Esse pêndulo foi proposto diversas vezes como padrão universal de comprimento.

No Século XIX, diversos cientistas investigaram desvios no plano de oscilação, questionando a rotação da Terra. Em 1851, Léon Foucault realizou a demonstração pública mais famosa da história do pêndulo: o Pêndulo de Foucault. No Panthéon, instalou um pêndulo de cerca de 67 metros. Mostrou que o plano de oscilação permanece praticamente fixo no espaço e a Terra gira sob ele. Foi a primeira demonstração visual direta da rotação terrestre, tendo como resultado teórico: velocidade angular aparente: $\omega = \Omega \sin \lambda$, em que: Ω: rotação da Terra; e λ: latitude.

No século XIX, George Gabriel Stokes (1845) e Thomson e Tait (1867) realizaram estudos importantes envolvendo oscilações amortecidas, permitindo relacionar e compreender o atrito viscoso, o amortecimento e a ressonância. A equação em estudo passou a ser:

$$\theta'' + \frac{b}{m} \cdot \theta' + \frac{g}{L} \cdot \theta = 0$$

No Século XX, o pêndulo (considerando pequenas oscilações $\theta_m \leq 10°$) tornou-se modelo fundamental para estudos de vibrações em sistemas mecânicos e circuitos elétricos equivalentes utilizando-se teoria não linear para amplitudes grandes:

$$\theta'' + \frac{g}{L} \cdot \sin\theta = 0$$

A solução dessa equação diferencial envolve integrais elípticas. Matemáticos como Henri Poincaré (189?) e Aleksandr Lyapunov (1892) exploraram suas propriedades.

O estudo do pêndulo duplo (sistema com duas hastes e duas massas) produz comportamento caótico. Tornou-se um dos exemplos clássicos da teoria do caos.

De 1960 em diante, pesquisadores importantes, como Edward Lorenz (1963) e Mitchell Feigenbaum (1978), realizaram experimentos que associaram o pêndulo e sua dependência sensível das condições iniciais.

Na atualidade, o conceito do pêndulo é usado em sismógrafos, acelerômetros, sensores inerciais e interferômetros gravitacionais.

O observatório LIGO (2016), por exemplo, utiliza sistemas de suspensão pendular extremamente sofisticados para isolar vibrações.

Objetivos

Pretende-se otimizar o experimento do pêndulo simples com o auxílio de ferramentas que proporcionem a visualização do experimento.

O objetivo maior é medir com precisão o valor da gravidade $\boldsymbol{g}$ no local. Para isso, o tratamento estatístico de dados experimentais é de suma importância, o que é feito pelo aplicativo detalhado nesse artigo; e a obtenção da aceleração da gravidade é feita, assim, por dois métodos: apresentação do

resultado pelo cálculo da equação que relaciona a gravidade com o período de oscilação medido e a obtenção pelo coeficiente angular da reta de regressão linear dos pontos experimentais.

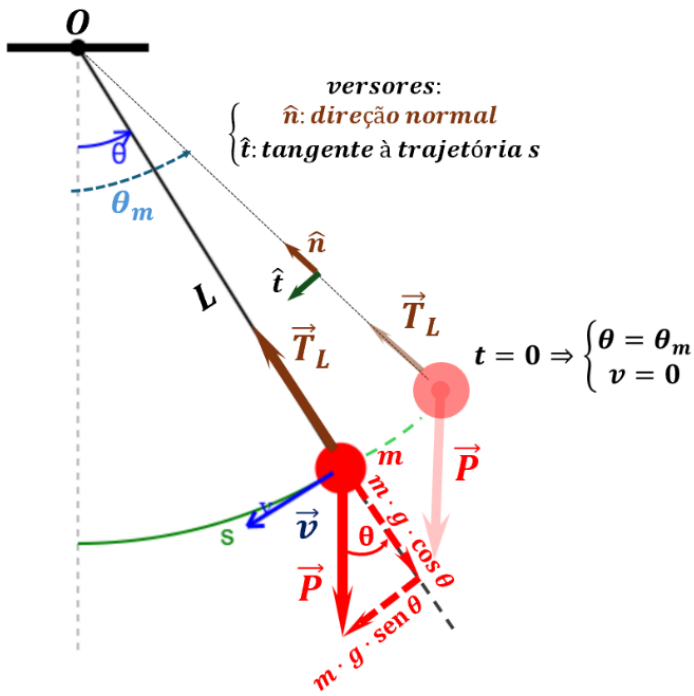
Devem ser feitos vários ensaios de medições, otimizando, assim, o resultado a ser apresentado.

A Teoria do Pêndulo

O pêndulo simples é um instrumento ou uma montagem que consiste em um objeto de massa *m* oscilando em torno de um ponto fixo *O*. O braço, de comprimento *L*, executa movimentos alternados em torno da posição central (chamada *posição de equilíbrio*), a partir de um ângulo de amplitude θ_m medido no sentido anti-horário.

Na figura 1, detalhamos os parâmetros e as forças, quando $\theta < \theta_m$.

Figura 1 – Componentes do pêndulo e forças sobre o corpo de massa *m,* que percorre o arco *s*.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A segunda Lei de Newton aplicada à massa m, nas direções $\hat{n}$ e $\hat{t}$, ficará:

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}_R \Leftrightarrow \begin{cases} F_T = T_L - m \cdot g \cdot \cos\theta \\ m \cdot \dfrac{d^2 s}{dt^2} = -m \cdot g \cdot \operatorname{sen}\theta \end{cases}$$

$$s = L \cdot \theta \Leftrightarrow \frac{d^2 s}{dt^2} = \ddot{s} = L \cdot \ddot{\theta}$$

$$L \cdot \ddot{\theta} = -g \cdot \operatorname{sen}\theta \Leftrightarrow \ddot{\theta} + \frac{g}{L} \cdot \operatorname{sen}\theta = 0$$

$$\theta \text{ pequeno: } \theta < 10° \Leftrightarrow \operatorname{sen}\theta \cong \theta$$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{L} \cdot \theta = 0 \Leftrightarrow \ddot{\theta} + \omega^2 \cdot \theta = 0 \ (1)$$

Em que: $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$

A solução da equação (1) é:

$$\begin{cases} \theta(t) = c_1 \cdot \cos(\omega \cdot t) + c_2 \cdot \operatorname{sen}(\omega \cdot t) \\ \theta(t) = \theta_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi) \end{cases}$$

As condições iniciais ou de contorno são:

$$\begin{cases} \theta(t = 0) = \theta_m \\ v(t = 0) = 0 \end{cases}$$

Logo:

$$\begin{cases} c_1 = \theta_m \\ -\omega \cdot l \cdot \theta_m \cdot \operatorname{sen}\varphi = 0 \Leftrightarrow \varphi = 0 \end{cases}$$

Assim:

$$\theta(t) = \theta_m \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

Com:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \Leftrightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \Leftrightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

T: período da oscilação.

Para quaisquer amplitudes θ_m, a solução da equação $\ddot{\theta} + \frac{g}{L} \cdot \operatorname{sen}\theta = 0$ envolverá a integral elíptica completa de primeira espécie:

$$\forall\, \theta_m \;\Leftrightarrow T = 4 \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \operatorname{sen}^2\frac{\theta_m}{2} \cdot \operatorname{sen}^2\varphi}}$$

O período também pode ser dado por:

$$T = T_0 \cdot \left(1 + \frac{1}{16} \cdot \theta_m^2 + \frac{11}{3072} \cdot \theta_m^4 + \frac{173}{737280} \cdot \theta_m^6 + \cdots\right)$$

Com:

$$T_0 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Como a resultante na direção $\hat{n}$ é a força centrípeta:

$$F_n = \frac{m \cdot v^2}{L} = T_L - m \cdot g \cdot \cos\theta$$

$$T_L = m \cdot g \cdot \cos\theta + \frac{m \cdot v^2}{L}$$

A tensão no fio $\vec{T}_L$ terá valores máximo $T_{L_{max}}$ e mínimo $T_{L_{min}}$ em:

$$\begin{cases} \theta = 0 \Rightarrow T_{L_{max}} = m \cdot g + \dfrac{m \cdot v_{max}^2}{L} \\ \theta = \theta_m \Rightarrow T_{L_{min}} = m \cdot g \cdot \cos\theta_m \end{cases}$$

Como:

$$\begin{cases} s(t) = L \cdot \theta_m \cdot \cos(\omega \cdot t) \\ v(t) = \dfrac{ds}{dt} \Leftrightarrow v(t) = -L \cdot \theta_m \cdot \omega \cdot \text{sen}(\omega \cdot t) \end{cases}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \Leftrightarrow T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

A velocidade máxima v_{max} da massa do pêndulo *m* será:

$$|v_{max}| = L \cdot \theta_m \cdot \omega \Leftrightarrow |v_{max}| = \theta_m \cdot \sqrt{L \cdot g}$$

e ocorrerá nos instantes:

$$t_n = \frac{n}{4} \cdot T \Leftrightarrow n = 1,3,5, \ldots$$

$$\text{sen}(\omega \cdot t) = \text{sen}\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot \frac{n}{4} \cdot T\right) = \text{sen}\left(\frac{n \cdot \pi}{2}\right) = \pm 1$$

As energias da massa pendular são dadas por:

Energia cinética: $E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$

$$E_c(t) = \frac{m \cdot L^2 \cdot \theta_m^2 \cdot \omega^2}{2} \cdot \text{sen}^2(\omega \cdot t)$$

Energia potencial: $E_p = m \cdot g \cdot h$

$$E_p(t) = m \cdot g \cdot \big(1 - \cos\big(\theta(t)\big)\big) \cdot L$$

Para ângulos pequenos: $\cos\theta \cong 1 - \frac{\theta^2}{2}$

$$1 - \cos\big(\theta(t)\big) \cong \frac{\big(\theta(t)\big)^2}{2}$$

$$E_p(t) = m \cdot g \cdot \frac{\big(\theta(t)\big)^2}{2} \cdot L$$

$$E_p(t) = m \cdot g \cdot \frac{(\theta_m \cdot \cos(\omega \cdot t))^2}{2} \cdot L$$

$$E_p(t) = \frac{m \cdot g \cdot L \cdot \theta_m^2}{2} \cdot \cos^2(\omega \cdot t)$$

$$\omega^2 = \frac{g}{L} \Leftrightarrow g = \omega^2 \cdot L$$

$$E_p(t) = \frac{m \cdot L^2 \cdot \theta_m^2 \cdot \omega^2}{2} \cdot \cos^2(\omega \cdot t)$$

A energia mecânica será: $E_m = E_c + E_p$

$$E_m = \frac{m \cdot L^2 \cdot \theta_m^2 \cdot \omega^2}{2} \cdot (\text{sen}^2(\omega \cdot t) + \cos^2(\omega \cdot t))$$

$$E_m = \frac{m \cdot L^2 \cdot \theta_m^2 \cdot \omega^2}{2} \Leftrightarrow \theta_m < 10°$$

Procedimento experimental com o uso do aplicativo

- Admitir amplitudes pequenas $\theta_m \leq 10°$.
- Medir o período T_i sempre considerando oscilações completas e diferentes valores do comprimento do pêndulo L_i, a certa amplitude θ_m (pelo menos 3 medições).

À medida que o comprimento $\boldsymbol{L_i}$ diminui, o período $\boldsymbol{T_i}$ diminui consideravelmente, tornando imprecisa a medida. Assim, pode-se efetuar o cálculo do período T_i fazendo n_k oscilações completas, com o intervalo de tempo Δt_k medido com cronômetro:

$$T_i = \frac{\Delta t_k}{n_k}$$

Figura 2 – Mostra o equipamento usado para medições.



Fonte: PIRES, Eder *et al*. Relatório do Experimento Pêndulo Simples. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/630772183/Relatorio-Pendulo-Simples. Acesso em: 11 ago. 2026.

Tabela 1 – Dados do aplicativo do pêndulo de massa *m* realizar as *n* medições: $[L_i,\ \theta_{m_i}, T_i] \Leftrightarrow 1 \leq i \leq n$ do ensaio *j*. Em que: L_i: comprimento do fio; θ_{m_i}: ângulo inicial (em graus); T_i: período de oscilação. Dados correspondentes aos ensaios j =1,2 e 3.

nº da medida	Comprimento	Ângulo °	Ângulo rad	período T	T^2 (s²)	g (m/s²)
	L_i (m)	θ_i (°)	θ_i (rad) $= \frac{\theta_i}{180} \cdot \pi$	T_i (s)	T_i^2 (s²)	$g_i = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot L_i}{T_i^2} \left(\frac{m}{s^2}\right)$
1	L_1 =	θ_1 ' =	θ_1 =	T_1 =	T_1^2 =	g_1 =
2	L_2 =	θ_2 ' =	θ_2 =	T_2 =	T_2^2 =	g_2 =
3	L_3 =	θ_3 ' =	θ_3 =	T_3 =	T_3^2 =	g_3 =
4	L_4 =	θ_4 =	θ_4 =	T_4 =	T_4^2 =	g_4 =
5	L_5 =	θ_5 =	θ_5 =	T_5 =	T_5^2 =	g_5 =
6	L_6 =	θ_6 =	θ_6 =	T_6 =	T_6^2 =	g_6 =
7	L_7 =	θ_7 =	θ_7 =	T_7 =	T_7^2 =	g_7 =
8	L_8 =	θ_8 =	θ_8 =	T_8 =	T_8^2 =	g_8 =
9	L_9 =	θ_9 =	θ_9 =	T_9 =	T_9^2 =	g_9 =
10	L_{10} =	θ_{10} =	θ_{10} =	T_{10} =	T_{10}^2 =	g_{10} =

Fonte: Elaborada pelos autores.

Deve-se inserir na planilha (segunda, terceira e quinta colunas) do aplicativo os n_j valores medidos do ensaio de medidas $\boldsymbol{j}$:

$$\text{Ensaio } j\text{: } \left[L_i,\ \theta_{m_i}, T_i\right] \Leftrightarrow 1 \leq i \leq n_j$$

O aplicativo calcula os valores de:

$$\theta_{m_i}(rad) = \frac{\theta_{m_i}}{180°} \cdot \pi$$

A aceleração da gravidade g_i, a partir de:

$$T_i^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{L_i}{g_i} \Leftrightarrow g_i = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{L_i}{T_i^2}$$

A cada ensaio *j* inserido, deve-se salvá-los, para a análise estatística do conjunto de dados.

São calculados a média $\bar{g}_j$, o desvio padrão σ_j, o erro associado à média $\Delta_j = \frac{\sigma_j}{\sqrt{n_j}}$ e a apresentação do resultado de g_j com dois algarismos significativos para o erro:

$$g_j = \bar{g}_j \pm \Delta_j \left(\frac{m}{s^2}\right)$$

Também são feitos os gráficos da dispersão dos n_j pontos $\left(L_i,\ T_i^2\right)$ e sua regressão linear:

$$T^2 = \frac{4 \cdot \pi^2}{g} \cdot L \Leftrightarrow T^2 = m_j \cdot L + n_j$$

$$m_j = \tan \alpha_j \Leftrightarrow m_j = \frac{4 \cdot \pi^2}{g_j}$$

É obtido o valor da gravidade pela regressão linear:

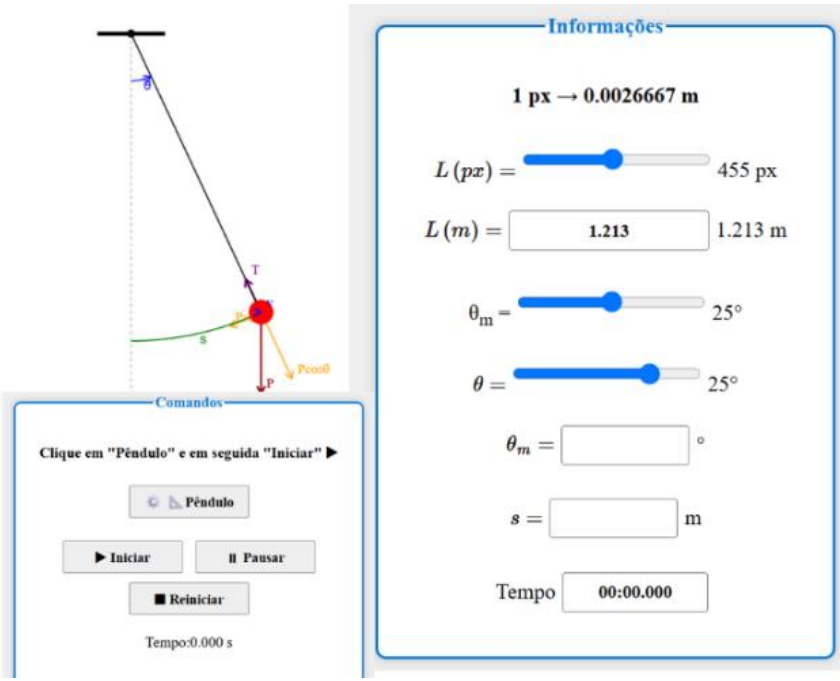
$$g_j^{(RL)} = \frac{4 \cdot \pi^2}{m_j}$$

para comparação com o valor apresentado g_j.

O programa experimental do Pêndulo Simples foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar estudantes e professores durante a realização de experimentos destinados à determinação da aceleração da gravidade. O software integra, em uma única interface, a entrada dos dados experimentais, o tratamento estatístico, a regressão linear, a construção de gráficos científicos e a geração automática de tabelas e relatórios, proporcionando maior rapidez, organização e confiabilidade na análise dos resultados obtidos.

Pode-se também realizar o experimento virtualmente, pois o programa oferece uma página de simulação (Sartori, 2026).

Figura 3 – Simulação para realizar virtualmente o experimento do pêndulo, escolhendo os parâmetros $[L, \theta_m]$ e medindo-se o período T.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Simulação para *j* = 3 ensaios

Os três ensaios realizados são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados correspondentes aos ensaios j =1,2 e 3.

Ensaio: j = 1

i	L_i	$\theta_i(°)$	$\theta_i(rad)$	$T_i(s)$	$T_i^2(s^2)$	$g_i\left(\frac{m}{s^2}\right)$
1	0.6800	10.0000	0.174533	1.7500	3.062500	8.765820
2	0.3870	10.0000	0.174533	1.4160	2.005056	7.619811
3	1.4000	10.0000	0.174533	2.4330	5.919489	9.336918

Ensaio: j = 2

i	L_i	$\theta_i(°)$	$\theta_i(rad)$	$T_i(s)$	$T_i^2(s^2)$	$g_i\left(\frac{m}{s^2}\right)$
1	0.2670	8.0000	0.139626	1.1330	1.283689	8.211286
2	0.3070	8.0000	0.139626	1.3340	1.779556	6.810617
3	0.4130	8.0000	0.139626	1.4000	1.960000	8.318667
4	0.5470	8.0000	0.139626	1.5330	2.350089	9.188884
5	0.5870	8.0000	0.139626	1.5830	2.505889	9.247748
6	0.6670	8.0000	0.139626	1.7000	2.890000	9.111455
7	0.7730	8.0000	0.139626	1.9330	3.736489	8.167244
8	0.9200	8.0000	0.139626	1.9330	3.736489	9.720394
9	0.9870	8.0000	0.139626	2.1000	4.410000	8.835646
10	1.3470	8.0000	0.139626	2.5000	6.250000	8.508389

Ensaio: j = 3

i	L_i	$\theta_i(°)$	$\theta_i(rad)$	$T_i(s)$	$T_i^2(s^2)$	$g_i\left(\frac{m}{s^2}\right)$
1	0.2670	6.0000	0.104720	1.1330	1.283689	8.211286
2	0.3470	6.0000	0.104720	1.3660	1.865956	7.341551
3	0.4400	6.0000	0.104720	1.4670	2.152089	8.071462
4	0.5730	6.0000	0.104720	1.5670	2.455489	9.212476
5	0.6130	6.0000	0.104720	1.7000	2.890000	8.373796
6	0.6530	6.0000	0.104720	1.7660	3.118756	8.265926
7	0.7730	6.0000	0.104720	1.8330	3.359889	9.082686
8	0.8270	6.0000	0.104720	1.8000	3.240000	10.076744
9	0.9730	6.0000	0.104720	2.0000	4.000000	9.603125
10	1.0670	6.0000	0.104720	2.1670	4.695889	8.970287
11	1.1330	6.0000	0.104720	2.1330	4.549689	9.831232
12	1.2130	6.0000	0.104720	2.1670	4.695889	10.197711

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tratamento Estatístico, Regressão Linear e Gráficos das simulações

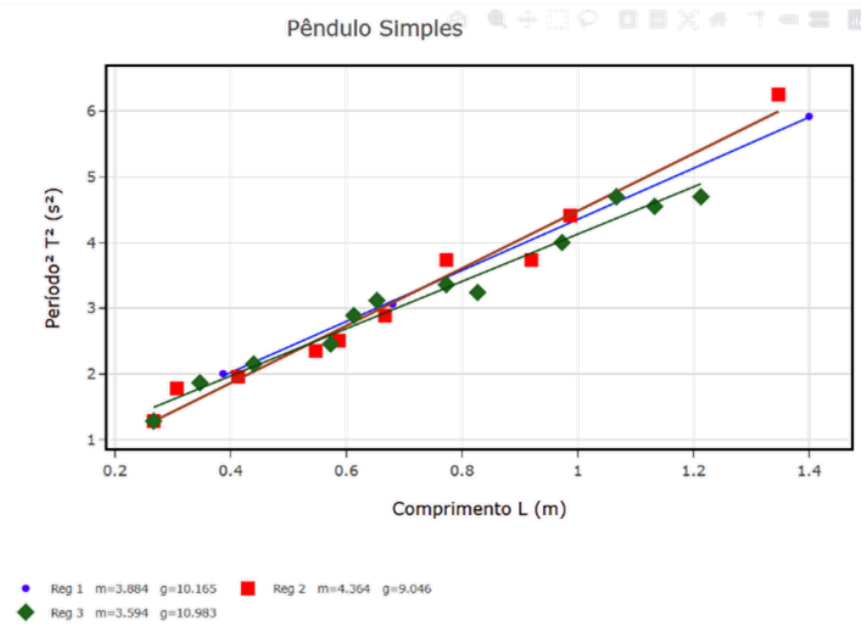
Tabela 3 – Análise estatística de dados correspondentes aos ensaios **j** =1, 2 e 3.

Resumo Estatístico dos Ensaios

j	n	g_j	m_j	n_j	$\alpha_j(^\circ)$	R_j^2	$g_j^{(RL)}$	Equação
1	3	8.6 ± 0.5	3.883779	0.468587	75.561	0.999571	10.164949	$T^2 = 3.883779 \cdot L + 0.468587$
2	10	8.61 ± 0.26	4.363966	0.116177	77.094	0.976688	9.046454	$T^2 = 4.363966 \cdot L + 0.116177$
3	12	8.94 ± 0.26	3.594361	0.532750	74.453	0.973544	10.983431	$T^2 = 3.594361 \cdot L + 0.532750$

Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 4 – Gráfico de dispersão dos pontos $P_i(L_i, T_i^2)$ e suas respectivas retas de regressão linear $T^2 = m_j \cdot L + n_j$ indicando o valor da gravidade obtido pela inclinação da reta de regressão $g_j^{(RL)} = \frac{4 \cdot \pi^2}{m_j}$ correspondentes aos ensaios: j =1,2 e 3.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Discussão dos resultados obtidos

Observando os resultados dos ensaios, temos na Tabela 4:

Tabela 4 – Resultados dos Ensaios.

Ensaio j	$\boldsymbol{\theta_m}(°)$	$\boldsymbol{g_j = \bar{g}_j \pm \Delta_j\ (m/s^2)}$	$\boldsymbol{g_j^{(RL)} = \frac{4 \cdot \pi^2}{m_j}\ (m/s^2)}$
1	10	8.6 ± 0.5	10.17
2	8	8.61 ± 0.26	9.05
3	6	8.94 ± 0.26	10.98

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conclusão

O desenvolvimento do aplicativo permite, a partir dos dados experimentais, fazer todo o tratamento estatístico e elaborar os gráficos relativos ao experimento, indicando-nos com precisão o valor da gravidade no local.

O ganho maior é a facilidade do uso do aplicativo em qualquer tipo de mídia (celular, computador, etc.), permitindo ao aluno uma visualização, em tempo real, do experimento; dando ao professor e à aula, um dinamismo que até então era limitado.

Destaca-se que o aplicativo já está em uso no curso de Manutenção de Aeronaves na Fatec Sorocaba, na disciplina de Vibrações Mecânicas.

Referências

ABBOTT, B. P. et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration). Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. **Physical Review Letters**, v. 116, 061102, 2016.

ARISTÓTELES. Physics. Tradução de R. P. Hardie e R. K. Gaye. In: **The Internet Classics Archive**. Livro VIII, especialmente sobre movimento e suas causas. Cambridge: MIT, 1930.

FEIGENBAUM, Mitchell J. Quantitative Universality for a Class of Nonlinear Transformations. **Journal of Statistical Physics**, v. 19, p. 25-52, 1978.

FOUCAULT, Léon. Démonstration physique du mouvement de rotation de la Terre au moyen du pendule. **Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences**, Paris, t. 32, p. 135–138, 1851.

GALILEI, Galileo. **Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze.** Leiden: Elsevier, 1638.

GALILEI, Galileo. **Two New Sciences**. Trad. Henry Crew; Alfonso de Salvio. New York: Macmillan, 1914.

HUYGENS, Christian. **Horologium Oscillatorium, sive de motu pendulorum ad horologia aptato**. Paris: F. Muguet, 1673.

LORENZ, Edward N. Deterministic Nonperiodic Flow. ***Journal of the Atmospheric Sciences***, v. 20, n. 2, p. 130–141, 1963.

LYAPUNOV, Aleksandr M. **The General Problem of the Stability of Motion**. Russia: Kharkov Mathematical Society, 1892.

MAUPERTUIS, Pierre-Louis Moreau de. **La figure de la Terre, déterminée par les observations de Messieurs de Maupertuis, Clairaut, Camus, Le Monnier... et de l'Abbé Outhier... accompagnés de M. Celsius... faites par ordre du Roy au cercle polaire**. Paris: Imprimerie Royale, 1738.

NEWTON, Isaac. **Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica**. London: Joseph Streater, 1687.

POINCARÉ, Henri. **Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste.** 3 v. Paris: Gauthier-Villars et fils, 189?.

SARTORI, Claudio. **Laboratório Virtual**. Disponível em: https://www.claudio.sartori.nom.br/arquivoshtml/LaboratorioPendulo.html. Acesso em: 11 ago. 2026.

STOKES, George Gabriel. On the Theories of the Internal Friction of Fluids in Motion, and of the Equilibrium and Motion of Elastic Solids. **Transactions of the Cambridge Philosophical Society**, v. 8, p. 287–341, 1845.

THOMSON, William; TAIT, Peter Guthrie. **Treatise on Natural Philosophy**. Oxford: Clarendon Press, 1867.

Simulação Computacional de Padrões Fractais em Descargas Elétricas: Uma Análise Evolutiva de Algoritmos Topológicos ao Modelo de Rompimento Dielétrico

***Maria Fernanda Bacelar de Souza*[1]**
***Adilson de Souza Cândido* [2]**

1 Introdução e Contextualização Fenomenológica

A formalização da geometria fractal por Benoit Mandelbrot na década de 1970 estabeleceu um novo paradigma analítico para a descrição de fenômenos naturais de altíssima complexidade e irregularidade (Lisboa, 2019). Diferente da geometria euclidiana clássica, concebida para formas puras e simétricas, a matemática fractal mostrou-se singularmente capaz de modelar estruturas arborescentes e auto-semelhantes presentes em bacias hidrográficas, redes vasculares, pulmões humanos e, proeminentemente, na ruptura de rigidez dielétrica e dissipação de descargas elétricas (Oliveira, 2012).

Em sistemas físicos e termodinâmicos, a emergência da auto-semelhança geométrica é fundamentada pela Lei Constructal (Bejan, 2007). Este princípio estabelece que, para que um sistema de fluxo de tamanho finito persista no tempo, sua topologia deve evoluir de modo a fornecer o acesso mais fácil e eficiente às correntes que fluem através dele. A natureza otimiza a dissipação energética criando redes arborescentes e hierárquicas que minimizam a resistência global ao longo do tempo (Chen; Gao, 2023). O exemplo mais emblemático do eletromagnetismo são as descargas atmosféricas e as Figuras de Lichtenberg (Niemeyer et al., 1984).

Descobertas por Georg Christoph Lichtenberg em 1777, essas figuras arborescentes formam-se durante o rompimento elétrico (*breakdown*) de materiais isolantes sob tensões extremas. Hoje, o estudo desses padrões possui

[1] Discente do Curso Técnico em Eletroeletrônica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – Campus Bragança Paulista. *E-mail*: maria.bacelar@aluno.ifsp.edu.br
[2] Doutor em Engenharia Eletrônica e Computação. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – Campus Bragança Paulista. *E-mail*: candido@ifsp.edu.br

aplicação direta na engenharia elétrica e ciência dos materiais para o diagnóstico preditivo da arborescência elétrica (*electrical treeing*). Trata-se de um processo de degradação pré-ruptura em que finos canais carbonizados se propagam por isolantes sólidos, líquidos ou gasosos empregados em transformadores de potência, capacitores e cabos de alta tensão. A interceptação do meio condutor entre eletrodos resulta em falhas catastróficas e apagões sistêmicos. Diante da dificuldade de observação *in loco*, a simulação computacional via linguagem Python consolida-se como ferramenta indispensável de diagnóstico.

2 Fundamentos Físicos da Arborescência Elétrica

Para que ocorra a ruptura dielétrica, a diferença de potencial elétrico aplicada deve exceder a rigidez dielétrica crítica do meio, provocando uma ionização violenta e irreversível (Anders; Anders, 1986; Ballarotti, 2015). Nesse instante, consolida-se o processo do Líder Escalonado (*Stepped Leader*), onde o isolante converte-se localmente em um plasma superaquecido e condutor. Este canal de plasma propaga-se de forma ramificada em busca do caminho de menor resistência energética (Ballarotti, 2015).

Em laboratórios modernos, o fenômeno é replicado mediante a irradiação de placas de acrílico com feixes de elétrons em aceleradores de partículas (E-Beam, 2025). Os elétrons aprisionados no interior do polímero geram um campo elétrico interno descomunal. Subitamente, mediante perturbação pontual, o campo excede a capacidade isolante, provocando o colapso instantâneo do material e congelando uma Figura de Lichtenberg tridimensional ("relâmpago aprisionado").

Sob a perspectiva da eletrostática, o potencial elétrico escalar em uma região livre de cargas obedece à Equação de Laplace, a qual descreve a variação espacial desse potencial:

$$\nabla^2\phi = 0$$

em que o parâmetro ϕ representa o potencial elétrico escalar, definido como o nível de energia por unidade de carga em um ponto específico do espaço.

A simulação autêntica desse processo exige a representação de um sistema termodinâmico e estocástico, no qual cada micro-bifurcação altera instantaneamente o campo elétrico global de sua vizinhança.

3. Modelagem Topológica Baseada em Grafos: A Abordagem Heurística

Nas abordagens iniciais investigadas por Chen e Gao (2023), utilizaram-se arranjos matriciais bidimensionais estocásticos para representar o meio dielétrico, onde cada célula atua como nó de um grafo com valores

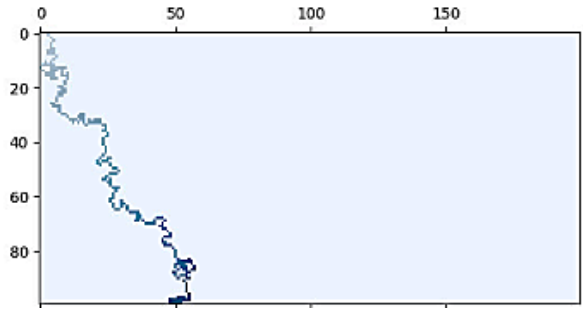
inteiros que simulam a resistência elétrica local. Tais algoritmos pautaram-se em lógicas gulosas (*greedy algorithms*) de custo mínimo.

3.1. Algoritmos de Ramificação Única (Família Single-Branch 1.XX)

A versão 1.0.0 opera como uma Busca em Largura (BFS) degenerada em caminho único. Escaneiam-se os oito vizinhos imediatos e avança-se para o nó de menor valor estático de resistência. A versão 1.1.0 introduziu uma hierarquia direcional determinística para desempate: baixo-direita (1,1), baixo (1,0), direita (0,1), baixo-esquerda (1,-1), cima-direita (-1,1), esquerda (0,-1), cima (-1,0) e cima-esquerda (-1,-1). A versão 1.1.1 removeu a direção (-1,-1) para evitar laços infinitos.

Fenomenologicamente, todas as instâncias da abordagem *Single-Branch* mostraram-se fundamentalmente inadequadas para a simulação da eletrodinâmica de dielétricos. Ao atuar exclusivamente como um resolvedor de rotas estáticas de mínimo custo (um análogo a um *software* de mapeamento rodoviário navegando ininterruptamente um labirinto fechado), a metodologia colapsou por sua incapacidade fenotípica de originar cisões laterais e ramificações arborescentes simultâneas. A dissipação da energia elétrica sob altíssima tensão jamais ocorre de forma contida e linear; ela é inerentemente explosiva, fragmentada e concorrente. Assim, conforme se observa no resultado das simulações da iteração 1.1.1 representado na Figura 1, embora eficaz para o cômputo rápido de uma trajetória contínua ponto a ponto, os algoritmos Single-Branch falham fenotipicamente por atuarem como resolvedores de rotas lineares, sendo incapazes de gerar bifurcações e ramificações concorrentes simultâneas.

Figura 1: Simulação da Família 1.x.x (Single-Branch v1.1.1) em matriz aleatória 100x200. Rastreamento linear contínuo em matriz estocástica sem geração de bifurcações laterais.



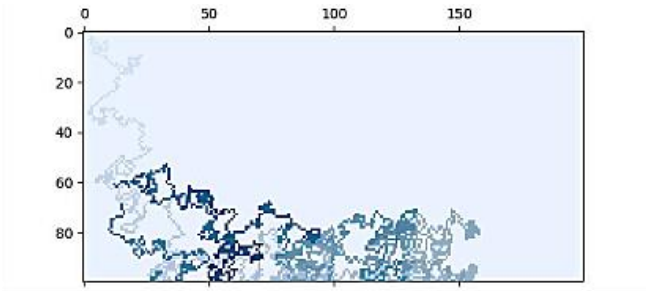
Fonte: elaborada pelos autores (2026).

3.2. A Transição para Múltiplas Ramificações Via Pilhas Lifo (Família Multi-Branch DFS 2.0.X)

Visando contornar a limitação linear, as versões 2.0.0 e 2.0.1 implementaram a Busca em Profundidade (*Depth-First Search* - DFS) regida por pilhas (LIFO - *Last In, First Out*). Ao encontrar caminhos empatados, o sistema mergulha por um ramo até sua exaustão para, em seguida, realizar um *backtracking* agressivo e explorar ramos secundários.

A falibilidade brutal da versão DFS reside na flagrante violação dos princípios de tempo sequencial, concorrência termodinâmica e dinâmica de fluidos. Na ontologia física do mundo real, descargas atmosféricas e fagulhas elétricas não "congelam" o contínuo espaço-tempo na ponta de um canal abortado para retroceder material e quanticamente à origem e testar uma rota paralela alternativa. A quebra de rigidez isolante e a propagação do plasma ocorrem de forma concorrente e simultânea, impulsionadas pela extrema e ininterrupta pressão termodinâmica e elétrica exercida pelos canais em formação expansiva. Neste sentido, a Figura 2 apresenta um resultado da simulação deste algoritmo Multi-Branch DFS v2.0.1 onde é possível observar o mecanismo de *backtracking* que viola frontalmente as leis da física e da irreversibilidade termodinâmica, pois "congela" o tempo-espaço para retroceder e testar rotas paralelas, ignorando a concorrência temporal simultânea das descargas.

Figura 2: Simulação da Família 2.0.x (*Multi-Branch* DFS v2.0.1) em matriz aleatória. Ramificação sequencial descontínua via pilha LIFO e *backtracking* temporal.



Fonte: elaborada pelos autores (2026).

3.3. A Expansão Concorrente Via Filas Fifo (Família Multi Branch BFS 2.1X)

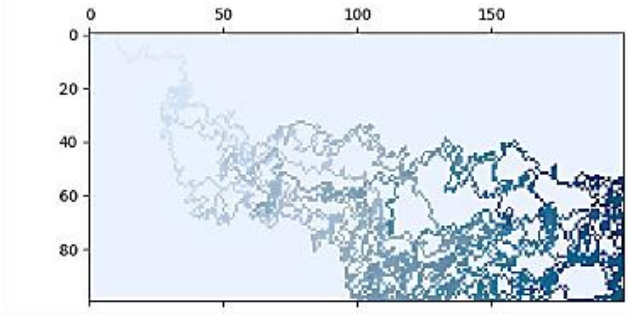
As versões 2.1.0 e 2.1.1 reestruturaram o modelo através de Buscas em Largura (*Breadth-First Search* - BFS) com filas (FIFO - *First In, First*

Out). Frentes candidatas são enfileiradas e processadas simultaneamente em lotes, moldando o avanço como uma frente de onda paralela.

A despeito da notória fidedignidade estética parcial alcançada pelos métodos BFS para simular ramificações concorrentes (apresentando, por exemplo, renderizações aceitáveis em representações procedurais simplificadas), um obstáculo físico e eletrostático crítico permaneceu oculto sob a arquitetura do programa. O algoritmo sofria de uma miopia crônica: operava assumindo incorretamente que as resistências codificadas na matriz primordial permaneciam estáticas e imutáveis no tempo. A lógica ignorava inteiramente o princípio eletrostático essencial de que a mera intrusão física do canal de plasma superaquecido e altamente condutor reconfigura, deforma e recalcula a densidade do campo elétrico ao seu redor de forma absoluta e instantânea. Sub-ramos secundários modelados pelo BFS projetavam comprimentos espúrios, espessos e artificiais, falhando catastroficamente em replicar a brusca queda de tensão que rotineiramente freia ramificações laterais em ambientes físicos. Em um material isolante real, à medida que um canal principal de plasma se fortalece e engrossa, ele drena agressivamente a energia disponível, “sufocando” o gradiente de potencial dos pequenos ramos parasitas ao seu redor, interrompendo precocemente seu crescimento.

Embora o algoritmo Multi-Branch BFS apresente apelo estético superior - conforme observado na Figura 3, que apresenta o resultado da simulação da iteração v2.1.1 -, ele sofre de “miopia eletrostática”. Isso se deve ao fato de assumir uma matriz de resistência estática e imutável, pois o BFS ignora que a intrusão do canal de plasma altera instantaneamente o campo elétrico. Além disso, ramos secundários projetam espessuras artificiais por ausência do efeito de blindagem (*shielding effect*) e falta do cálculo da queda de tensão.

Figura 3: Simulação da Família 2.1.x (*Multi-Branch* BFS v2.1.1) em matriz aleatória 100x200. Expansão paralela via fila FIFO sem recálculo de campo e sem blindagem.



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Para prover clareza analítica sobre a progressão da ineficácia geométrica, a Tabela 1 resume as capacidades operacionais e os gargalos evolutivos inerentes à tentativa de representar a física de alta tensão através da matemática topológica primária.

Tabela 1 – Análise da progressão da ineficácia geométrica nas famílias algorítmicas topológicas baseadas em grafos.

Família Algorítmica	**Princípio Computacional**	**Estrutura Lógica**	**Fidelidade Mecânica**	**Limitações Físicas Fundamentais**
Série 1.x.x	Topológico Estático (*Single-Branch*)	Busca Gulosa por mínimo adjacente absoluto	Nula	Inviabilidade matemática de originar ramificações; ausência de concorrência vetorial
Série 2.0.x	Topológico Dinâmico (*Multi-Branch*)	Mergulho Recursivo via DFS (Pilha LIFO)	Irreal e Anacrônica	O *backtracking* impõe violação severa das leis de simultaneidade e retrocesso temporal
Série 2.1.x	Topológico Expansivo (*Multi-Branch*)	Expansão Paralela via BFS (Fila FIFO)	Moderada (Estética)	Matriz estática negligencia o recálculo de campo, falhando em emular quedas de tensão e blindagem

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

4. O Paradigma Físico: Modelo de Rompimento Dielétrico (DBM)

A superação das limitações heurísticas deu-se com a adoção do Modelo de Rompimento Dielétrico (DBM) proposto por Niemeyer, Pietronero e Wiesmann (1984). O DBM abandona matrizes estáticas e assume que o potencial elétrico escalar ϕ rege a evolução estocástica da descarga conforme

a Equação de Laplace. A aproximação discreta do potencial em um dado nó (i, j) é dada por Diferenças Finitas (FDM):

$$\phi_{i,j} = \frac{1}{4}(\phi_{i+1,j} + \phi_{i-1,j} + \phi_{i,j+1} + \phi_{i,j-1})$$

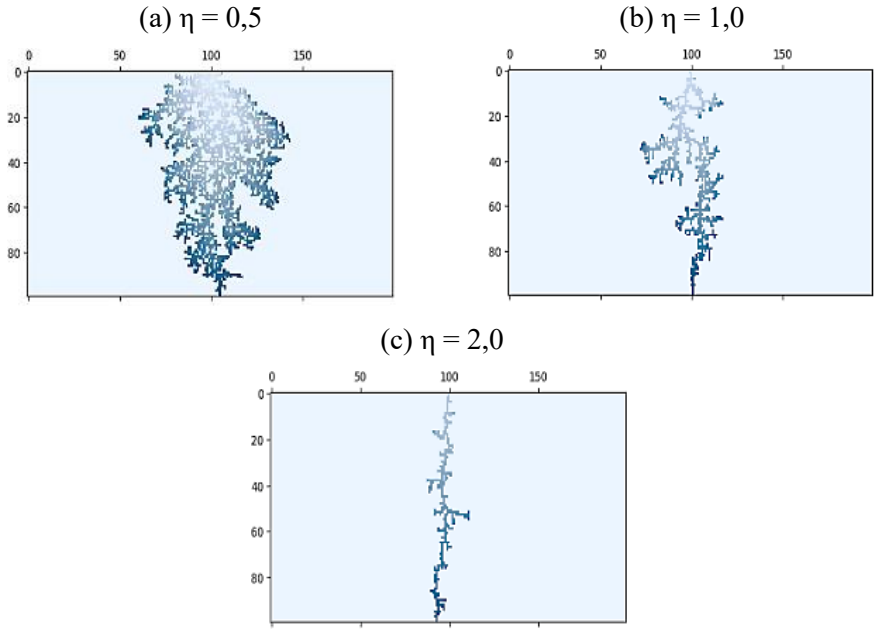
Na versão 3.0.0 (*Single-Tree Retangular*), aplicaram-se condições de contorno de Dirichlet: linha superior (ânodo) fixada em ϕ = 0 e linha inferior (cátodo) em ϕ = 1, com condições periódicas nas laterais. A probabilidade estocástica p_α de colapso de um nó candidato α é modulada pelo expoente fractal η:

$$p_\alpha = \frac{(\phi_\alpha)^\eta}{\sum_{\beta=1}^{k}(\phi_\beta)^\eta}$$

O expoente η atua como regulador da dimensão fractal: para η = 0.5 geram-se ramos densos; para η = 1.0 o DBM equivale ao modelo de Agregação Limitada por Difusão (*Diffusion-Limited Aggregation* - DLA); e para η >> 1 obtém-se canais altamente lineares.

Para identificar esse efeito do expoente fractal η (eta) sobre as ramificações, a Figura 4 apresenta os resultados das simulações do algoritmo DBM (versão 3.0.0) para η = 0,5, η = 1,0 e η = 2,0. Assim, demonstra-se que a introdução do parâmetro η, impulsionador do potencial elétrico local, permitiu calibrar de maneira sensível a linearidade estrutural e morfológica do raio gerado no simulador (em que valores muito altos ampliam a dependência em relação ao potencial elétrico ϕ e promovem canais diretos e finos, enquanto valores baixos provocam ramificações volumosas). Adicionalmente, do efeito deste expoente fractal, evidencia-se a importância do meio de propagação. Em matrizes homogêneas estritas (simulando um meio ideal como acrílico purificado ou vidro impecável), as arborescências geradas pelo modelo tendiam a uma simetria matemática excessiva, criando formações belas, porém esterilizadas das imperfeições da vida real.

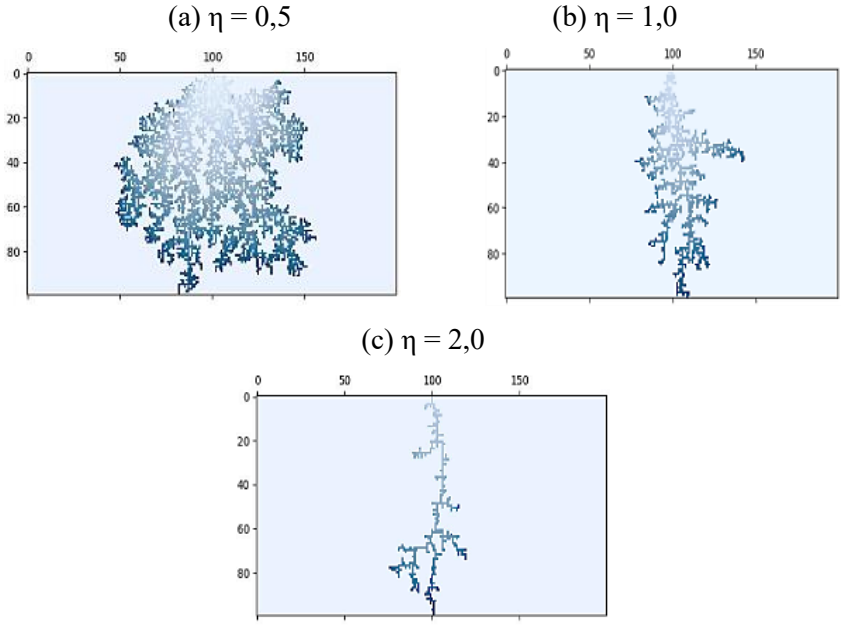
Figura 4: Simulações do Modelo DBM Retangular (*Single-Tree* v3.0.0) em uma matriz homogênea estrita 100x200 para η = 0,5(a), η = 1,0(b) e η = 2,0(c).



Fonte: elaborada pelos autores (2026).

Para erradicar esta excessiva e estéril simetria matemática das arborescências puras (que ocorrem em meios ideais perfeitamente homogêneos como o gás hexafluoreto de enxofre purificado ou vidro impecável), implementou-se uma matriz estocástica de anisotropia. Esta máscara matricial, contendo distribuições randômicas irregulares flutuantes de 0s e 1s, é sobreposta ao mapa de potencial e distorce o Laplaciano local. Tais microperturbações simulam perfeitamente os bolsões ocultos de umidade nas fibras da madeira, microfissuras poliméricas oriundas de fadiga mecânica, ou impurezas de contaminação química na resina dielétrica. Estas imperfeições anatômicas atuam como condutores facilitados que tracionam e inclinam o arco elétrico de sua trajetória primária natural, garantindo ao fractal final o aspecto caótico autêntico observado no rigor laboratorial, conforme resultados das simulações presentes na Figura 5.

Figura 5: Simulações do Modelo DBM Retangular (*Single-Tree Rectangular* v3.0.0) em uma matriz anisotrópica 100x200. Mapa de potencial Laplaciano e canal estocástico.



Fonte: elaborada pelos autores (2026).

Portanto, tornaram-se necessárias modificações no algoritmo desenvolvido por Chen e Gao (2023) para permitir a variação do parâmetro η e viabilizar a análise de sua influência. Para tanto, essa customização foi inserida em uma nova versão do programa, a qual possibilita o uso de valores decimais para o referido parâmetro. Este novo algoritmo v3.0.0.1, bem como suas versões predecessoras, encontra-se disponível publicamente no repositório GitHub dos autores[3]. Adicionalmente, os códigos-fonte foram integrados com comentários explicativos no idioma português.

4.1 A Técnica Radial e a Geometria Eletromagnética (Versão 3.0.1)

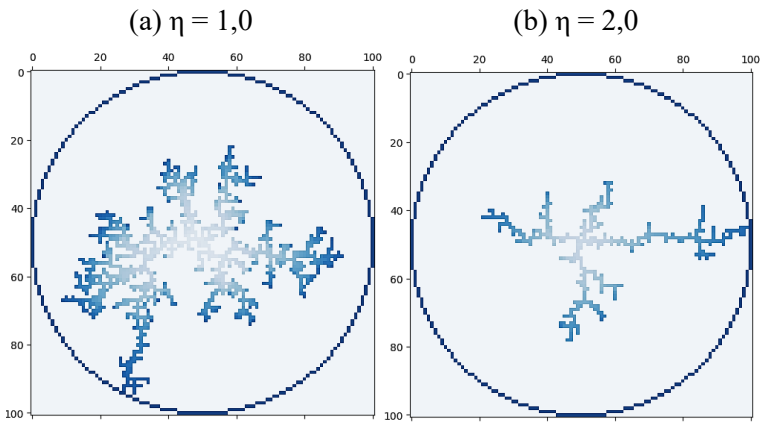
A versão 3.0.1 (Técnica Radial) refatorou o domínio para uma malha quadrada N × N aplicando o Algoritmo do Ponto Médio do Círculo para delimitar um disco de raio (N-1)/2. A borda circular externa atua como anel

[3] Disponível em: https://github.com/mariafernandab772009/Figuras-de-Lichtenberg.git. Acesso em: 20 jul. 2026.

de aterramento (ϕ = 1) e a semente central inicia-se em ϕ = 0. Essa abordagem elimina vieses ortogonais artificiais impostos por bordas retangulares, promovendo uma dissipação esfericamente harmônica e isotrópica.

A Figura 6 apresenta os resultados das simulações para η = 0,5 e η = 1,0, tanto para uma matriz homogênea quanto anisotrópica.

Figura 6: Simulações do Modelo DBM Radial (*Single-Tree* Circular v3.0.1) em uma matriz anisotrópica de 100x100. Geometria circular sem viés ortogonal de borda.



Fonte: elaborada pelos autores (2026).

5. A Metodologia *Multi-Tree* e a Dinâmica de Eletrodos Múltiplos Síncronos

A técnica de árvore única não simula configurações industriais reais com múltiplos eletrodos energizados. Para contornar essa limitação, Chen e Gao (2023) conceberam a Metodologia *Multi-Tree*.

5.1 Modelagem Bipolar Dinâmica (Versão 4.0.0)

A versão 4.0.0 adotou polos energéticos dinâmicos e assimétricos: a borda superior foi fixada em ϕ = -10 (árvore descendente negativa) e a borda inferior em ϕ = +10 (árvore ascendente positiva). Para evitar probabilidades fracionárias negativas, introduziu-se termos de deslocamento (*shift*) embasados na norma modular absoluta.

Para a árvore negativa superior (crescimento descendente), a probabilidade estocástica ajustada é dada por:

$$p_\alpha = \frac{(\phi_\alpha + |\phi_m|)^\eta}{\sum_{\beta=1}^{k}(\phi_\beta + |\phi_m|)^\eta}$$

em que $|\phi_m|$ representa a magnitude do menor potencial vizinho, induzindo um viés atrativo descendente em direção à base positiva. De forma correspondente e espelhada, a árvore positiva inferior utiliza:

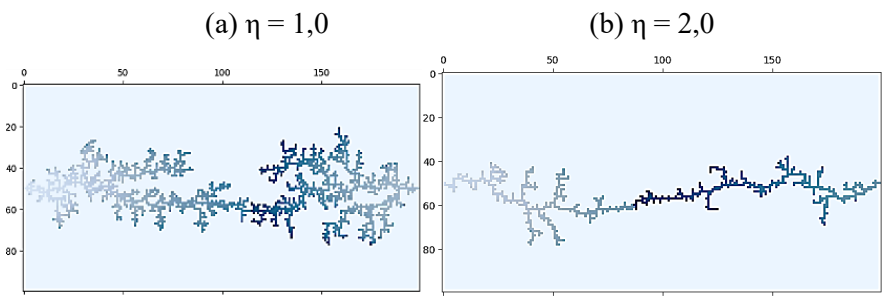
$$p_\alpha = \frac{(-\phi_\alpha + |\phi_m|)^\eta}{\sum_{\beta=1}^{k}(-\phi_\beta + |\phi_m|)^\eta}$$

A simulação opera em ciclos alternados rígidos de concorrência computacional: um passo da árvore negativa é sucedido por um avanço da árvore positiva, resolvendo a Equação de Laplace a cada inclusão e recriando a atração eletrostática mútua.

5.2. Variações Direcionais (Versão 4.0.1)

A versão 4.0.1 refatorou o código para substituir a orientação vertical (topo e base) pela horizontal (esquerda e direita), facilitando a renderização gráfica em telas panorâmicas. Essa mudança reposicionou os ânodos e cátodos para simular a condução elétrica ao longo do eixo X da malha de computação, conforme resultados das simulações presentes na Figura 7.

Figura 7: Simulações do Modelo DBM Bipolar Horizontal (*Two-Trees* DBM v4.0.1) em uma matriz anisotrópica. Condução bipolar síncrona ao longo do eixo X.



Fonte: elaborada pelos autores (2026).

Para contextualizar estrutural, técnica e fenomenologicamente as inúmeras vantagens paradigmáticas proeminentes atingidas após este

desenvolvimento analítico iterativo exaustivo, a Tabela 2 clarifica as propriedades subjacentes.

Tabela 2 – Análise comparativa entre abordagens topológicas e a Metodologia Multi-Tree DBM.

Propriedades Analíticas	**Família BFS (Grafos)**	**DBM Radial Unipolar (v3.0.1)**	**Metodologia Multi-Tree DBM (v4.0.0/4.0.1)**
Integração do Laplaciano	Inexistente / Ignorada	Parcial e Unilateral (Foco no disco)	Plena, Iterativa e Dual (Dois gradientes superpostos)
Efeito de Blindagem (*Shielding*)	Falso (Ramos parasitas não são reprimidos)	Acurado (Canal denso reduz energia vizinha)	Preciso e Rigoroso (Suprime ramos internos e simula repulsão mútua)
Aptidão Experimental	Inadequada para bancada	Satisfatória para ensaios circulares unipolares	Excelente (Replica sistemas reais com eletrodos bipolares)
Custo Computacional	Muito Rápido O(n x m)	Lento, mas administrável	Oneroso e exaustivo (Requer *solvers* Laplacianos contínuos)

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

6. Discussão Analítica, Otimização e Considerações Finais

A evolução dos modelos de simulação para descargas elétricas demonstra que abordagens topológicas puras baseadas em grafos (DFS/BFS) falham ao ignorar a natureza termodinâmica e eletrostática do meio. A transição para o Modelo de Rompimento Dielétrico (DBM) restabeleceu o rigor físico ao integrar a Equação de Laplace e probabilidade estocástica fractal.

A Técnica Radial (v3.0.1) eliminou artefatos de borda ortogonais, enquanto a Metodologia *Multi-Tree* (v4.0.0/v4.0.1) permitiu simular interações bipolares síncronas entre cátodo e ânodo. Para trabalhos futuros, recomenda-se a incorporação de aceleradores matriciais (Kim et al., 2007) para viabilizar simulações DBM em tempo real, além do desenvolvimento de

malhas tridimensionais (3D) voltadas ao diagnóstico metrológico industrial de isoladores de alta tensão.

Referências

ANDERS, A.; ANDERS, S. A high-voltage surface effect on dielectrics in vacuum. **Journal of Physics D: Applied Physics**, v. 19, p. L75-L77, 1986.

BALLAROTTI, M. G. **Redesenvolvimento do líder positivo no relâmpago**. 2015. 228 f. Tese (Doutorado em Geofísica Espacial/Ciências Atmosféricas) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2015. Disponível em: http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3J7Q4E8. Acesso em: 07 maio 2026.

BEJAN, A. Constructal theory of pattern formation. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 2, p. 753-768, 2007.

CHEN, S.; GAO, S. **A Follow-up on the Simulation of Lichtenberg Figures**. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Simon-Chen-24/publication/366029117_Simulating_Lichtenberg_Figures. Acesso em: 07 maio 2026.

E-BEAM. **What is a Lichtenberg tree?.** 2025. Disponível em: https://ebeamservices.com/blog/what-is-a-lichtenberg-tree/. Acesso em: 20 jul. 2026.

KIM, T. et al. Fast simulation of laplacian growth. **IEEE computer graphics and applications**, v. 27, n. 2, p. 68-76, 2007.

LISBOA, M. C. **Uma proposta de abordagem da geometria fractal na educação básica**. 2019. 60 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) - Universidade Federal do Tocantins (UFT), Arraias, 2019. Disponível em: https://umbu.uft.edu.br/handle/11612/2039. Acesso em: 07 maio 2026.

NIEMEYER, L.; PIETRONERO, L.; WIESMANN, H. J. Fractal dimension of dielectric breakdown. **Physical Review Letters**, v. 52, n. 12, p. 1033, 1984.

OLIVEIRA, J. A. **Comportamento fractal de superfícies de fadiga em ligas aeronáuticas**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Guaratinguetá, 2012. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/entities/publication/1049009c-b313-4500-ad0a-17cbc9b8b9a8. Acesso em: 07 maio 2026.

O rastro do Césio-137: Uma investigação transdisciplinar sobre o Acidente de Goiânia baseada na série "Emergência Radioativa"

***Willame Matos Fernandes*[1]**
***Luís Eduardo Pais dos Santos*[2]**

O Acidente com o Césio-137 e a Transdisciplinaridade

O acidente com o isótopo radioativo Césio-137 no Brasil é reconhecido pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) como o maior acidente radiológico ocorrido em área urbana da história, fora do contexto de usinas ou instalações nucleares (IAEA, 1988). Em 1987, este evento catastrófico mobilizou toda a população brasileira e chefes de Estado de vários países. Marcada pelo despreparo das pessoas e órgãos governamentais diante de crise sanitária e de gestão pública, a cidade de Goiânia foi o centro dos noticiários nacionais e internacionais. Neste cenário de calamidade, tornou necessário desenvolver um projeto transdisciplinar educacional, de forma a integrar diversos componentes curriculares e suas habilidades.

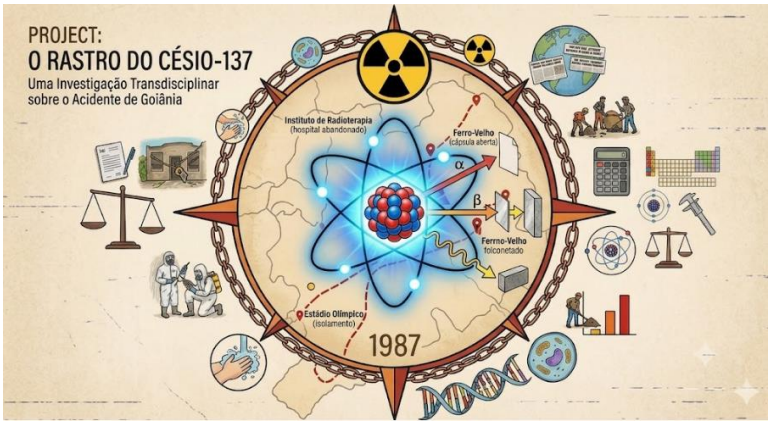
Em estudos sobre a transdisciplinaridade, fica evidente a importância da proposta de trabalho com projetos na educação para expandir o conhecimento unilateral e fragmentado. Em um dos capítulos da obra *Educação e Complexidade: os sete saberes e outros ensaios*, o autor Edgar Morin (2002) faz uma crítica incisiva à estrutura da educação que atualmente fragmenta o conhecimento. Segundo o autor, essa fragmentação, em parte uma herança cultural, resulta em uma "inteligência cega", dificultando a visualização "do todo" e impossibilitando o entendimento da transdisciplinaridade. Contudo, ele defende uma reforma de pensamento que substitua a causalidade unilateral e unidimensional por uma causalidade circular e multidimensional. Para isso, o educador precisa criar um ambiente de ensino que atenda a todos os alunos, cada um com sua particularidade e

[1] Especialista em Gestão Educacional e pós-graduando em Educação em Ciências e Matemática. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. *E-mail*: profe.willame@gmail.com
[2] Doutor em Química. Instituto Federal de São Paulo - IFSP - Campus Capivari. *E-mail*: leps@ifsp.edu.br

dificuldade, além de pensar no conhecimento sem o limite da disciplina, observando o fenômeno do conhecimento a partir de um elemento disciplinar (Vieira, 2017). Contemplar essa ideia é religar os conhecimentos fragmentados, pois, conforme Moraes (2008 *apud* Sousa, 2018, p. 84), "a transdisciplinaridade requer rigor, abertura, tolerância e o exercício de ir além das disciplinas. Ou seja, ela nos permite penetrar no íntimo do ser, religando, ressignificando, construindo e reconstruindo conhecimentos".

O infográfico abaixo representa visualmente como o acidente de Goiânia pode religar os conhecimentos fragmentados:

Figura 1 – Infográfico representativo dos aspectos transdisciplinares e do rastro geográfico do acidente com o Césio-137 em Goiânia (1987).



Fonte: Elaborado pelos autores com o auxílio da inteligência artificial Gemini (2026).

John Dewey, pioneiro das metodologias ativas, devido ao seu histórico construtivista na educação, defendia o aluno como protagonista de suas ações, destacando a necessidade de aprender por meio de experiências investigativas incitadas pela realidade vivida pelo aluno. Para ele, o aluno deve "aprender fazendo" e não receber o conhecimento por transmissão de conteúdo, o que reconfigura o papel do professor como parceiro de investigação e não como palestrante (Placides; Costa, 2025). Diante deste contexto, trabalhar com projetos transdisciplinares proporciona um ambiente de aprendizagem ativa, no qual o estudante parte de um problema real complexo para protagonizar a formulação de hipóteses e soluções para o mundo contemporâneo.

Portanto, a implementação deste projeto justifica-se pela necessidade premente de superar a fragmentação do saber no Ensino Médio, promovendo uma prática pedagógica que dialogue com a complexidade dos fenômenos reais. Dessa forma, a transdisciplinaridade não deve ser vista apenas como uma junção de conteúdos, mas como uma postura metodológica que permite ao aluno compreender a teia de relações que constitui o conhecimento. O acidente radiológico de Goiânia (1987) oferece um cenário privilegiado para esta abordagem por ser, intrinsecamente, um objeto complexo. Sob a ótica da educação para a complexidade, o estudo do Césio-137 exige que o estudante transite entre a microfísica do átomo e a macrofísica dos impactos socioambientais, compreendendo que a ciência não é neutra e está profundamente interligada à ética, à política e à justiça social.

Ao utilizar a série Emergência Radioativa (2026) como dispositivo disparador, o projeto promove a formação de professores investigadores, que atuam de forma colaborativa para integrar as áreas de Ciências da Natureza, Matemática, Linguagens e Ciências Humanas. Esta integração apresenta os seguintes objetivos:

1. Promover a Contextualização Crítica: Permitir que o aluno identifique como conceitos abstratos (como isótopos ou notação científica) possuem aplicação direta na gestão de crises reais e na preservação da vida.

2. Estimular o Desenvolvimento da Autonomia: Por meio do "Diário de Investigação", o estudante assume o papel de protagonista na construção do saber, estabelecendo conexões entre os fatos narrados e as competências curriculares da BNCC.

3. Despertar a Responsabilidade Ética e Social: Refletir sobre a vulnerabilidade social e a negligência técnica, fomentando uma consciência cidadã sobre o descarte de resíduos e a segurança tecnológica.

Em suma, este projeto fundamenta-se na premissa de que a educação contemporânea deve preparar o jovem para lidar com a incerteza e a multidimensionalidade dos problemas globais, transformando a sala de aula num espaço de síntese entre a teoria científica e a realidade humana.

O projeto na prática

Para iniciar a transdisciplinaridade em sala de aula, a proposta utiliza a série Emergência Radioativa lançada em 2026 pela Netflix como elemento disparador, de modo a engajar os estudantes por meio de uma referência audiovisual que contempla o acidente com o Césio-137. O objetivo é relacionar os temas desenvolvidos pelos alunos — durante as aulas regulares

— de forma contextualizada, mostrando que uma disciplina complementa a outra. Em cada episódio, os discentes responderão a um roteiro investigativo composto por perguntas relacionadas às diferentes áreas de conhecimento, propondo, desde o início, uma atividade que transcende a barreira de uma única disciplina. Durante o processo, eles deverão pesquisar, discutir entre os pares, buscar apoio dos demais professores e responder aos roteiros conforme os resultados aferidos.

O projeto propõe uma gama de assuntos correlacionados entre as áreas de conhecimento. Dessa forma, os roteiros investigativos conduzirão, de uma forma sistêmica, o raciocínio do aluno para que ele consiga associar as informações entre as disciplinas. Ao final, espera-se que o estudante consiga compreender como um átomo instável emissor de radiação e partículas radioativas (estudado na disciplina de química), de massa atômica muito baixa quando expressa em gramas (estudada em matemática), pode contaminar uma população inteira por meio da radioatividade (objeto de estudo de física). Para complementar, o discente também deverá identificar as transformações genéticas causadas pela radioatividade no corpo humano (biologia), como a população se contaminou tão rapidamente devido a questões sociais e geográficas (história, geografia, filosofia e sociologia), como as atividades físicas foram aliadas no processo de descontaminação (educação física) e como o decaimento radioativo cria uma projeção do futuro da região (matemática e física). Por fim, refletir como os discursos das mídias nacionais e internacionais impactaram ainda mais o julgamento dos órgãos governamentais e da população; levando, assim, ao surgimento de novos protocolos de segurança para eventos como o acidente em Goiânia (biologia, língua portuguesa e inglesa).

Dessa forma, essa proposta sugere o público-alvo, a duração, o produto, os objetivos de estudo, os registros de sua articulação curricular com a BNCC (Base Nacional Comum Curricular), o percurso metodológico estruturado e os resultados esperados para desenvolvimento da proposta indicada.

Sugestão de aplicação do projeto

- **Projeto Transdisciplinar:** O Rastro do Césio-137
- **Público-alvo:** 2ª Série do Ensino Médio
- **Duração total:** 7 semanas (1 episódio por semana + culminância)
- **Duração semanal:** 2 aulas de 50 minutos cada
- **Produto:** Exposição Itinerante de Cartazes Interativos

Objetivos do Projeto Transdisciplinar

Objetivos Cognitivos (O Saber)

- **Compreender a natureza da radioatividade:** Identificar o Césio-137 como um isótopo instável, compreendendo seus processos de decaimento, emissão de radiação e partículas, a interação dessas com os seres vivos e o tempo de meia-vida.
- **Dominar linguagens técnicas e científicas:** Utilizar a notação científica para representar grandezas microscópicas e interpretar a simbologia internacional de segurança química e nuclear.
- **Analisar a multidimensionalidade do desastre:** Reconhecer os impactos do acidente de Goiânia nas esferas biológica (danos ao DNA), geográfica (contaminação hídrica) e sociológica (vulnerabilidade das populações).

Objetivos Procedimentais (O Fazer)

- **Desenvolver a investigação científica:** Coletar, organizar e analisar dados apresentados na série Emergência Radioativa (2026), utilizando o "Diário de Investigação" como ferramenta de registro.
- **Praticar a comunicação transdisciplinar:** Produzir cartazes expositivos que sintetizem conceitos complexos em linguagem acessível (básica), integrando textos em português e inglês.
- **Simular protocolos de segurança:** Compreender e descrever procedimentos de contenção, blindagem (física) e descontaminação (educação física/saúde), relacionando-os à eficácia dos materiais isolantes.

Objetivos Atitudinais (O Ser)

- **Fomentar a consciência ética e profissional:** Refletir sobre a responsabilidade civil no descarte de resíduos tecnológicos e as consequências da negligência institucional.
- **Desenvolver a empatia e o pensamento crítico:** Analisar o estigma social sofrido pelas vítimas e o papel da mídia na construção da memória coletiva e no controle do pânico social.
- **Promover a cidadania socioambiental:** Estimular atitudes responsáveis quanto ao descarte de materiais tóxicos no cotidiano, compreendendo a interdependência entre as ações humanas e o equilíbrio ambiental.

Quadro de Integração (BNCC e Conteúdos)

Quadro 1 – Matriz transdisciplinar de investigação sobre o acidente com o Césio-137 com base na BNCC.

Disciplina	Foco de Investigação	Conceito-Chave	Habilidade BNCC (Descritor)	Tema Transversal
Matemática	Como escrever números muito pequenos (massa do átomo)?	**Notação Científica**	**(EM13MAT313)** Utilizar, quando necessário, a notação científica para expressar uma medida, compreendendo as noções de algarismos significativos e algarismos duvidosos, e reconhecendo que toda medida é inevitavelmente acompanhada de erro.	Economia
Física	O que bloqueia a radiação: papel, madeira, paredes de chumbo e paredes de concreto?	**Isolamento da Radioatividade**	**(EM13CNT103)** Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.	Ciência e Tecnologia
Química	Por que o Césio-137 é "instável" e o que são isótopos na Tabela Periódica? Existem outros elementos com as mesmas características?	**Isótopos e Elementos**	**(EM13CNT101)** Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o	Ciência e Tecnologia

Disciplina	Foco de Investigação	Conceito-Chave	Habilidade BNCC (Descritor)	Tema Transversal
			desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.	
Biologia	Como a radiação "ataca" as células e causa queimaduras e doenças?	**Efeitos Biológicos**	**(EM13CNT301):** Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.	Saúde
Sociologia	Por que a falta de dinheiro e informação tornou os catadores mais vulneráveis?	**Desigualdade Social**	**(EM13CHS201):** Analisar e caracterizar as dinâmicas das populações, das mercadorias e do capital nos diversos continentes, com destaque para a mobilidade e a fixação de pessoas, grupos humanos e povos, em função de eventos naturais, políticos, econômicos, sociais, religiosos e culturais, de modo a compreender e posicionar-se criticamente em relação a esses processos e às possíveis relações entre eles.	Vida Familiar
Geografia	Se o pó caísse no ralo, como ele chegaria aos rios e contaminaria a água?	**Contaminação Hidrográfica**	**(EM13CHS302):** Analisar e avaliar criticamente os impactos econômicos e socioambientais de cadeias produtivas	Meio Ambiente

Disciplina	Foco de Investigação	Conceito-Chave	Habilidade BNCC (Descritor)	Tema Transversal
			ligadas à exploração de recursos naturais e às atividades agropecuárias em diferentes ambientes e escalas de análise, considerando o modo de vida das populações locais – entre elas as indígenas, quilombolas e demais comunidades tradicionais –, suas práticas agroextrativistas e o compromisso com a sustentabilidade.	
História	Como a história do Césio-137 contribuiu para a criação de protocolos contemporâneos para acidentes radiológicos?	**Memória Contemporânea**	**(EM13CHS102):** Identificar, analisar e discutir as circunstâncias históricas, geográficas, políticas, econômicas, sociais, ambientais e culturais de matrizes conceituais (etnocentrismo, racismo, evolução, modernidade, cooperativismo/desenvolvimento etc.), avaliando criticamente seu significado histórico e comparando-as a narrativas que contemplem outros agentes e discursos.	Cidadania
Filosofia	Quem errou ao deixar a máquina no prédio? Qual a responsabilidade de cada um?	**Ética Profissional**	**(EM13CHS501):** Analisar os fundamentos da ética em diferentes culturas, tempos e espaços, identificando processos que contribuem para a formação de sujeitos éticos que valorizem a liberdade, a cooperação, a autonomia, o empreendedorismo, a convivência	Ética

Disciplina	Foco de Investigação	Conceito-Chave	Habilidade BNCC (Descritor)	Tema Transversal
			democrática e a solidariedade.	
Artes	Quais são os desenhos (símbolos) que nos avisam do perigo químico e nuclear?	**Linguagem Visual**	**(EM13LGG601):** Apropriar-se do patrimônio artístico de diferentes tempos e lugares, compreendendo a sua diversidade, bem como os processos de legitimação das manifestações artísticas na sociedade, desenvolvendo visão crítica e histórica.	Multiculturalismo
Português	Como as notícias da época ajudaram ou atrapalharam a população?	**Impactos da Comunicação**	**(EM13LGG301):** Participar de processos de produção individual e colaborativa em diferentes linguagens (artísticas, corporais e verbais), levando em conta suas formas e seus funcionamentos, para produzir sentidos em diferentes contextos.	Cidadania
Ed. Física	Como lavar o corpo e suar ajudam na retirada da sujeira radioativa da pele?	**Descontaminação Física**	**(EM13LGG501):** Selecionar e utilizar movimentos corporais de forma consciente e intencional para interagir socialmente em práticas corporais, de modo a estabelecer relações construtivas, empáticas, éticas e de respeito às diferenças.	Saúde
Inglês	Terminologia técnica internacional e a repercussão do evento na mídia estrangeira.	**Terminologia e Comunicação Global**	**(EM13LGG401):** Analisar criticamente textos de modo a compreender e caracterizar as línguas como fenômeno (geo)político, histórico, social, cultural, variável, heterogêneo e sensível aos contextos de uso.	Ciência e Tecnologia / Cidadania

Fonte: Elaborado por Willame Matos Fernandes, com base em Brasil (2018).

Dinâmica das Aulas

As cinco primeiras semanas serão dedicadas para que os alunos assistam à série e preencham os roteiros, sendo que em cada semana será apresentado um episódio. Os **Roteiros de Investigação** deverão contemplar perguntas relacionadas aos temas do Quadro de Integração e deverão ser elaboradas com o auxílio dos professores regentes de cada disciplina. A sugestão é que as perguntas criadas estejam relacionadas ao episódio assistido.

- **Episódio 1:** O Brilho (A Descoberta e a Notação Científica).
- **Episódio 2:** O Contágio (Disseminação e Símbolos de Alerta).
- **Episódio 3:** A Resposta (Contador Geiger, Azul da Prússia e a Mídia).
- **Episódio 4:** O Lixo (Meia-vida, Concreto e Abadia de Goiás).
- **Episódio 5:** O Amanhã (Legado, Leis e Saúde hoje).

Produto: A Exposição de Cartazes

Nas outras duas semanas, a sugestão é dar a oportunidade para que os alunos reflitam sobre o que aprenderam com a série e durante a investigação. Para isso, serão divididos em 12 grupos (um por disciplina). Cada grupo construirá um cartaz seguindo os **Modelos de Cartazes** fornecidos previamente (sugestão do professor):

- **Estética:** Fundo claro (bege/papel pardo), títulos em letras grandes e blocadas.
- **Conteúdo:** Imagem central explicativa e pequeno texto resumindo a descoberta.
- **Interatividade (Opcional):** Inserção de QR Codes que levam a áudios dos alunos explicando o cartaz em inglês e português.

Avaliação

A avaliação será processual, dividida em três notas:

1. **Engajamento:** Preenchimento semanal do Diário de Investigação durante a série.
2. **Qualidade Científica:** Correção técnica das informações apresentadas no cartaz.
3. **Comunicação:** Capacidade de explicar o conceito para os visitantes no dia da exposição.

Recursos Necessários

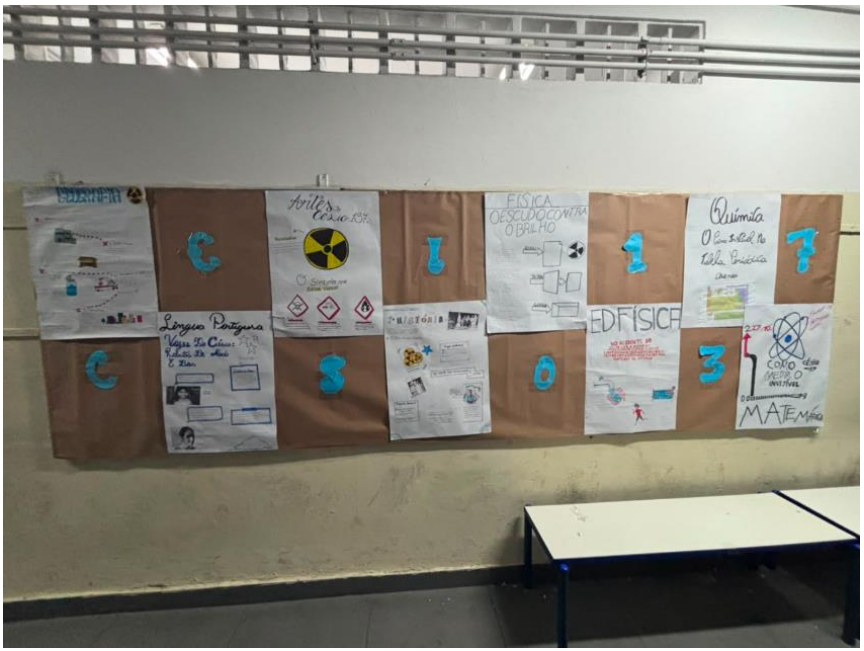
- Aparelho de TV/Projetor para exibição da série.
- Impressão dos Roteiros de Atividades (Diários).
- Materiais de papelaria (Cartolina, canetas, tintas).

- Acesso a laboratório de informática ou celulares para pesquisas diversas e notícias internacionais (inglês).

Resultado da aplicação do projeto

O desenvolvimento do projeto superou as expectativas iniciais, como mostra a Figura 2, pois desfragmentou o ensino, estruturado em disciplinas isoladas, e transformou os conteúdos curriculares complexos da BNCC em algo tangível para os alunos. Esse processo apenas evidencia o quanto é importante a transdisciplinaridade na formação do estudante, pois, além de desenvolver as competências e habilidades essenciais estabelecidas para a formação básica, é notória a criação de uma identidade cidadã crítica e apta para os desafios reais contemporâneos.

Figura 2 – Mural expositivo com os cartazes interativos desenvolvidos pelos estudantes da 2ª Série ATEC e 2ª Série B da escola PEI Orlando Geríbola em Osasco/SP (Brasil) como produto do projeto "O Rastro do Césio-137".



Fonte: Acervo de Willame Matos Fernandes (2026).

O estudo da notação científica, da estrutura atômica, da radioatividade e do decaimento radioativo por meio do Césio-137 provou que a ciência e

tecnologia não são neutras, mas que se complementam. Ao compreender a estrutura e transformação da matéria, os estudantes ganharam ferramentas para avaliar criticamente os impactos socioambientais e a responsabilidade ética do descarte de resíduos tóxicos e radioativos no planeta. Com isso, fica evidente a contribuição de um projeto transdisciplinar durante o desenvolvimento da cidadania, pois o perfil de estudante construído durante as atividades propostas qualifica o discente para enfrentar e saber lidar com os futuros problemas que o mundo possa apresentar.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/. Acesso em: 02 jun. 2026.

EMERGÊNCIA RADIOATIVA. Direção: Netflix. Produção: Netflix. Estados Unidos/Brasil: Netflix, 2026. 1 série de TV (5 eps.). Disponível em: https://www.netflix.com. Acesso em: 02 jun. 2026.

FERNANDES, Willame Matos. GEMINI (Inteligência Artificial). **Infográfico: O Rastro do Césio-137**. [S.l.: s.n.], 2026. 1 imagem. Gerada a partir de *prompt* específico fornecido pelo autor.

IAEA - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **The Radiological Accident in Goiânia**. Vienna: IAEA, 1988. 132 p. Disponível em: https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub815_web.pdf. Acesso em: 6 ago. 2026.

MORAES, Maria Cândida. **Ecologia dos Saberes:** complexidade, transdisciplinaridade e educação – novos fundamentos para iluminar novas práticas educacionais. São Paulo: Antakarana / PróLibera / WHH, 2008.

MORIN, Edgar. A dupla missão. *In*: MORIN, Edgar; ALMEIDA, Maria da Conceição de; CARVALHO, Edgard de Assis (orgs.). **Educação e complexidade**: os sete saberes e outros ensaios. Tradução de Edgard de Assis Carvalho. 6. ed. 3. reimpr. São Paulo: Cortez, 2002. p. 15-28.

PLACIDES, Fernando Mariano; COSTA, José Wilson da. A perspectiva de John Dewey sobre experiência, tecnologia e aprendizagem: um estudo contemporâneo. **Revista Apotheke**, Florianópolis, v. 11, n. 1, p. 52-64, abr. 2025. Disponível em: https://doi.org/10.5965/244712671112025052. Acesso em: 7 ago. 2026.

SOUSA, Roberta Maria dos Santos. **Pensamento transdisciplinar:** Uma postura docente capaz de ressignificar o papel educacional. Revista Com Censo, Brasília, v. 5, n. 4, p. 83-88, nov. 2018.

VIEIRA, Adriano José Hertzog. **Conexão Unimep - Profº Adriano José Hertzog Vieira**. Entrevista concedida à TV UNIMEP. Piracicaba: TV UNIMEP, 25 abr. 2017. 1 vídeo (16 min 29 seg). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=PzcjdoNfL3w. Acesso em: 6 abr. 2026.

Não são apenas a pobreza e o clima: as falhas do planejamento urbano nas áreas de risco de Itabirito (MG)

***Cézar Augusto Silvino Figueredo*[1]**
***João Alexandre Paschoalin Filho*[2]**

A ideia de que os riscos de deslizamento e demais movimentos de massa são um problema das periferias, das ocupações informais e da pobreza urbana está profundamente enraizada tanto na produção acadêmica quanto nas políticas públicas brasileiras de redução de desastres, como demonstram os trabalhos de Maricato (2000) e Rolnik (2015).

Essa leitura, construída sobretudo a partir da experiência das grandes metrópoles, ajuda a entender por que tantas favelas e loteamentos irregulares se instalaram em encostas frágeis, mas ela não esgota o fenômeno. Em cidades médias erguidas sobre relevos acidentados, a história costuma ser outra: bairros inteiros, hoje perfeitamente reconhecidos pela lei, providos de rua asfaltada, água encanada e escritura registrada, foram implantados há décadas em terrenos que a geologia atual classifica como de alta suscetibilidade a deslizamentos. Nesses lugares, a urbanização sobre encostas instáveis não é exceção nem desvio, mas a própria origem da cidade, consolidada muito antes de existir qualquer instrumento de planejamento capaz de dizer não a essa ocupação.

É esse o quadro que este capítulo explora a partir de Itabirito, município situado no coração do Quadrilátero Ferrífero mineiro. A pergunta que orienta essa discussão é simples de enunciar e difícil de responder: por que, mesmo dispondo de mapas de risco detalhados, planos diretores modernos e leis de uso do solo tecnicamente elaboradas, uma cidade continua abrigando, dentro da sua malha legal e formal, milhares de pessoas expostas a movimentos de massa? A hipótese que se defende aqui é que a permanência desse risco não decorre da falta de planejamento, mas de um descompasso entre o conhecimento técnico que se acumula nos laboratórios e nos

[1] Arquiteto. Professor e Doutorando em Cidades Inteligentes e Sustentáveis – Uninove. *E-mail*: augusto.cezar@ifsp.edu.br
[2] Engenheiro Civil. Doutor. Professor do Programa de Mestrado e Doutorado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis – Uninove. *E-mail*: paschoalinfilho@yahoo.com

diagnósticos oficiais e as normas que, na prática, autorizam e regulam a ocupação do solo.

Essa lacuna analítica não é incidental. A literatura brasileira sobre risco e desastre desenvolveu-se, em grande parte, a partir da observação das regiões metropolitanas, onde a escassez de terra urbanizada empurra populações inteiras para as poucas frentes de expansão ainda disponíveis, quase sempre as encostas mais íngremes, os fundos de vale e as margens de córregos.

Cidades médias como Itabirito, no entanto, seguem uma lógica distinta: ali, a pressão por terra nunca foi tão aguda a ponto de expulsar a população para as bordas do território; o que houve foi um processo de ocupação, ao longo de gerações, de um relevo que, por si só, já era acidentado em quase toda a sua extensão.

Neste cenário, não existia, na prática, alternativa de expansão urbana isenta de declividade acentuada. Esse detalhe, aparentemente menor, muda profundamente o tipo de intervenção necessária. Não se trata de reverter uma ocupação irregular recente, mas de qualificar tecnicamente uma cidade que já está lá, consolidada e reconhecida pelo poder público há décadas.

Os desastres como produção social do risco

Para compreender esse descompasso, é necessário abandonar a ideia de que os desastres são meros acidentes da natureza. Desde a década de 1990, um conjunto consistente de estudos, entre eles os de Lavell (2000) e Wisner et al. (2004), demonstra que um deslizamento somente se transforma em desastre porque, muito antes da ruptura, a sociedade organizou o território de maneira a tornar determinados grupos sociais e determinados espaços mais vulneráveis do que outros. Em outras palavras, o desastre não nasce no instante em que a encosta rompe, mas é construído ao longo do tempo por processos de ocupação, urbanização e gestão do território.

A mesma chuva que passa despercebida em um bairro pode destruir dezenas de moradias em outro. A diferença não está na intensidade da precipitação, mas nas características do terreno, na forma como ele foi ocupado, na qualidade das obras de infraestrutura e contenção, nas decisões técnicas adotadas ao longo do tempo e, sobretudo, nas escolhas (ou omissões) do poder público em relação ao planejamento urbano e à gestão de riscos.

É justamente nesse ponto que a reflexão de Ulrich Beck (2011) ganha especial relevância. Para o autor, os riscos da sociedade contemporânea não existem à margem das instituições responsáveis por administrá-los; ao contrário, são frequentemente produzidos, ampliados ou perpetuados pelas

próprias estruturas institucionais encarregadas de preveni-los e controlá-los. Assim, o desastre deixa de ser interpretado como um evento exclusivamente natural para ser compreendido como a expressão de vulnerabilidades socialmente produzidas e acumuladas ao longo do tempo.

As mudanças climáticas tornam essa discussão ainda mais urgente. O Sexto Relatório do IPCC (2022) confirma que o aquecimento global está tornando os eventos de chuva mais intensos e mais concentrados no tempo, e estudos voltados especificamente ao Brasil, como o de Marengo et al. (2021), já identificam uma tendência de intensificação das chuvas na Região Sudeste. Contudo, este é um ponto que não pode ser perdido de vista: a chuva mais forte é apenas o gatilho. Ela deflagra uma vulnerabilidade que já estava construída muito antes, pelas decisões de ocupação do território tomadas ao longo de décadas.

Um modelo particularmente útil para compreender esse raciocínio é o modelo de Pressão e Liberação (*Pressure and Release* – PAR), proposto por Wisner et al. (2004). Segundo esse modelo, o desastre resulta do encontro entre uma ameaça física e uma vulnerabilidade socialmente construída. No caso de Itabirito, a ameaça corresponde às chuvas intensas que incidem sobre encostas íngremes, enquanto a vulnerabilidade é fruto de um processo cumulativo que envolve causas de fundo, como fatores econômicos e políticos; pressões dinâmicas, como a insuficiência de investimentos em infraestrutura de drenagem; e condições inseguras, como a ocupação de terrenos instáveis.

Nenhuma chuva, por mais forte que seja, produz um desastre sozinha; ela apenas revela, de forma dramática, uma vulnerabilidade que já estava lá, silenciosamente, à espera de um gatilho. Esse modelo é particularmente esclarecedor no caso brasileiro, porque desloca o olhar de uma explicação estritamente climática ou geológica para uma explicação histórica e institucional. No entanto, também não é possível negar que as mudanças climáticas alteram a frequência e a intensidade desse gatilho.

Ao intensificar as chuvas na Região Sudeste, como apontam Marengo et al. (2021), o aquecimento global reduz a margem de segurança de territórios que já operavam no limite da sua estabilidade geotécnica; ele não cria a vulnerabilidade, mas a testa com uma frequência cada vez maior.

Planejamento urbano, espaço e legalidade

O espaço urbano, afinal, não é um dado da natureza, mas uma construção social continuamente produzida e reproduzida por agentes econômicos, políticos e institucionais, como já afirmava Lefebvre (1991).

Harvey (2014) aprofunda essa perspectiva ao demonstrar que a urbanização capitalista não distribui apenas riqueza e valorização imobiliária, mas também segregação socioespacial e exposição aos riscos, de forma profundamente desigual.

No contexto brasileiro, Arantes (2000) acrescenta outra dimensão a esse debate ao descrever um modelo de planejamento urbano que frequentemente produz uma aparência de racionalidade técnica expressa em diagnósticos consistentes, planos bem elaborados e instrumentos normativos sofisticados, sem que essa estrutura seja acompanhada da capacidade efetiva de transformar o território e reduzir suas vulnerabilidades. É o que a autora chama de planejamento fetichizado.

Telles (2009), por sua vez, mostra que a própria legalidade urbana não é uniforme. Segundo a autora, diferentes espaços da cidade recebem diferentes graus de reconhecimento institucional e de tolerância regulatória, de modo que a vulnerabilidade pode nascer não da ausência do Estado, mas das formas específicas como o Estado reconhece, regula e produz o território.

Em municípios como Itabirito, essa dinâmica adquire uma complexidade adicional em razão da mineração. A atividade minerária impulsionou o crescimento econômico e a expansão urbana do município, mas também promoveu profundas transformações na paisagem e nas condições geotécnicas do território. A abertura de cavas, a disposição de estéreis e rejeitos, a supressão da cobertura vegetal e as alterações nos sistemas de drenagem superficial modificaram o comportamento das encostas, aumentando sua suscetibilidade aos movimentos de massa. Em muitos casos, entretanto, essas transformações ocorreram em ritmo superior à capacidade dos instrumentos de planejamento urbano e de gestão territorial de incorporar os novos condicionantes geológicos e geotécnicos às políticas de ocupação e uso do solo.

Vale reter, ainda, um aspecto essencial da formulação de Lefebvre (1991). O espaço urbano é, ao mesmo tempo, percebido, concebido e vivido, ou seja, existe tanto como prática cotidiana quanto como representação técnica dos planejadores e como experiência subjetiva de quem o habita. Quando esses três planos se descolam uns dos outros, abre-se justamente a fresta pela qual o risco geotécnico se instala sem ser percebido como incompatível com a legalidade. O espaço concebido pelo Plano Diretor pode reconhecer formalmente um bairro como zona residencial regular, enquanto o espaço vivido por seus moradores já convive, na prática, com rachaduras nos muros e taludes que escorregam a cada temporada de chuvas.

Harvey (2014) acrescenta a essa leitura a dimensão econômica. De acordo com o autor, a urbanização, sob a lógica capitalista, precisa constantemente de novas frentes de valorização imobiliária, e é comum que a expansão sobre encostas ocorra justamente porque ali a terra é mais barata, apresentando um preço que reflete, ainda que de forma indireta, o próprio risco geotécnico embutido no terreno.

Em Itabirito, esse quadro torna-se ainda mais complexo e permanece relativamente pouco explorado na literatura brasileira sobre risco urbano. A atividade minerária não apenas ocupa o território, mas também o transforma profundamente. A retirada de grandes volumes de material rochoso, a movimentação de solo para a disposição de estéreis e rejeitos e as alterações nos sistemas de drenagem e nos cursos d'água modificam, de forma permanente, o comportamento hidrológico e as condições geotécnicas das encostas. Essas intervenções produzem efeitos cumulativos que extrapolam aqueles normalmente considerados pelos instrumentos tradicionais de planejamento urbano e ordenamento territorial, concebidos, em grande parte, para realidades urbanas nas quais a atividade extrativa não exerce papel estruturante.

O percurso da investigação

A opção pela análise documental, nos termos propostos por Bowen (2009), justifica-se pelo fato de que os instrumentos normativos e técnicos são mais do que simples mecanismos de regulação. Eles expressam uma determinada racionalidade de planejamento e revelam, tanto pelo que estabelecem quanto por suas lacunas, a forma como o risco geotécnico é incorporado às prioridades da gestão urbana.

Nessa perspectiva, para a elaboração deste capítulo, a análise realizada não se limitou a verificar a existência de menções à suscetibilidade a movimentos de massa. Buscou-se avaliar se essas menções eram acompanhadas de parâmetros técnicos capazes de orientar decisões concretas de licenciamento, tais como limites de declividade, exigência de estudos geológico-geotécnicos e restrições específicas ao parcelamento e à ocupação do solo. Em outras palavras, procurou-se distinguir o reconhecimento formal do risco de sua efetiva incorporação ao ordenamento territorial. Essa distinção constitui o eixo central da análise desenvolvida neste capítulo.

Operacionalmente, esse exame documental sistemático abrangeu o Plano Diretor Participativo de Itabirito, a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, o Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR), o Plano Municipal de Ação Climática e a Carta de Suscetibilidade a Movimentos

Gravitacionais de Massa e Inundações, elaborada pelo Serviço Geológico do Brasil.

Esses documentos foram analisados não apenas como instrumentos administrativos, mas como expressões de uma determinada concepção de planejamento e de produção da legalidade urbana. Complementarmente, os dados espaciais do PMRR, em especial os setores classificados como de alto risco (R3) e muito alto risco (R4), foram confrontados com o zoneamento definido pelo Plano Diretor e pela Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, buscando identificar em que medida e em quais porções do território a cidade formal coincide com áreas reconhecidas como suscetíveis a movimentos de massa.

Entre o diagnóstico técnico e a omissão normativa

O primeiro resultado da análise revela um aparente paradoxo. Do ponto de vista formal, o Plano Diretor de Itabirito encontra-se alinhado às diretrizes do Estatuto da Cidade. O documento reconhece a função social da propriedade, incorpora princípios de preservação ambiental e faz referências explícitas à redução de riscos. Entretanto, quando a análise avança para os dispositivos que disciplinam o uso e a ocupação do solo, observa-se que essas diretrizes permanecem predominantemente no plano declaratório, sem se traduzirem em parâmetros técnicos objetivos capazes de orientar o licenciamento urbanístico ou restringir a ocupação de áreas suscetíveis a movimentos de massa.

A Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo reforça essa constatação. Embora estabeleça índices urbanísticos, categorias de zoneamento e regras de ocupação, ela não incorpora critérios geotécnicos para a aprovação de parcelamentos e edificações em áreas suscetíveis. Não há, por exemplo, limites máximos de declividade, exigência de estudos geológico-geotécnicos, critérios para a execução de cortes e aterros ou outros requisitos técnicos voltados à prevenção de instabilidades.

Essa lacuna não decorre da inexistência de conhecimento técnico, mas da forma como esse conhecimento é incorporado ao processo de planejamento urbano. Itabirito dispõe de instrumentos técnicos de elevada qualidade, capazes de identificar, caracterizar e hierarquizar as áreas suscetíveis a movimentos de massa. A Carta de Suscetibilidade, elaborada pelo Serviço Geológico do Brasil, e o Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) constituem exemplos dessa capacidade técnica. Entretanto, ambos permanecem essencialmente como instrumentos de diagnóstico. Suas recomendações não possuem força normativa suficiente para vincular as

decisões sobre parcelamento do solo, licenciamento urbanístico e zoneamento, fazendo com que informações técnicas fundamentais permaneçam dissociadas dos mecanismos legais que orientam a ocupação do território.

Esse fato não é uma peculiaridade isolada de Itabirito; ele reflete um padrão recorrente na relação entre conhecimento geotécnico e legislação urbanística no Brasil. Cartas de suscetibilidade e planos de redução de risco costumam ser produzidos por equipes técnicas (geólogos, engenheiros, geógrafos) vinculadas a órgãos federais ou a consultorias contratadas para diagnósticos pontuais, enquanto os planos diretores e as leis de uso do solo são elaborados em processos legislativos municipais, conduzidos por outra lógica institucional, com outros prazos e outras prioridades políticas. O resultado é que dois conjuntos de conhecimento sobre o mesmo território são produzidos por trilhas praticamente paralelas, que raramente se encontram no momento de decidir se um lote pode, ou não, ser parcelado.

Não é incomum que a carta de suscetibilidade e o plano diretor de um mesmo município sejam elaborados em anos diferentes, por equipes diferentes, sem qualquer mecanismo formal de atualização recíproca, de modo que um documento envelhece tecnicamente enquanto o outro segue adiante, e vice-versa. Enquanto essa integração não for institucionalizada, cada carta de suscetibilidade corre o risco de se tornar apenas um retrato tecnicamente competente de um problema que ninguém tem a obrigação formal de resolver.

A geografia do risco em Itabirito

A Carta de Suscetibilidade de Itabirito indica que cerca de 19% de sua área urbanizada apresenta alta suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa. O PMRR mapeou 911 setores de risco (873 deles geológicos, ligados a movimentos de massa), envolvendo aproximadamente 1.321 edificações e cerca de cinco mil habitantes potencialmente expostos; desses setores, 654 foram classificados como risco moderado (R2), 201 como risco alto (R3) e 18 como risco muito alto (R4).

Em bairros consolidados como Santa Rita e Novo Horizonte, setores R3 e R4 se sobrepõem a quadras inteiras, com casas regularizadas, ruas pavimentadas e redes de água e esgoto plenamente instaladas. Nesses locais, a vulnerabilidade não decorre da precariedade da infraestrutura nem da ausência do poder público, mas da própria localização, historicamente consolidada sobre terrenos de forte declividade e rochas suscetíveis ao intemperismo. Regularizar a posse da terra e levar serviços urbanos a essas

encostas foi importante para a qualidade de vida de seus moradores, mas não alterou em nada sua exposição geotécnica.

Cruzando os setores de risco do PMRR com o zoneamento do Plano Diretor, um dado desafia frontalmente a leitura mais difundida sobre a produção do risco no Brasil: os setores R3 e R4 de Itabirito não coincidem, em sua maioria, com Áreas de Interesse Social nem com ocupações informais recentes.

Ao contrário, esses setores localizam-se, em sua maioria, em zonas residenciais e mistas expressamente previstas pelo ordenamento urbanístico municipal, isto é, inserem-se na própria cidade formal, reconhecida e autorizada pelo poder público.

Esse resultado tensiona uma das interpretações mais consolidadas da literatura brasileira sobre urbanização e risco. A tradição inaugurada por Maricato (2000) e aprofundada por Rolnik (2015), ao associar a ocupação de áreas ambientalmente frágeis à exclusão do mercado formal de terras e à expansão da informalidade urbana, permanece válida para compreender grande parte das metrópoles brasileiras. Entretanto, os resultados obtidos em Itabirito evidenciam que essa explicação, embora necessária, não é suficiente para compreender todos os mecanismos contemporâneos de produção do risco.

Em Itabirito, por exemplo, o risco não decorre predominantemente da ausência do Estado ou da ocupação irregular da cidade. Em muitos casos, ele é produzido no interior da própria cidade legal, por meio de um ordenamento territorial que admite a urbanização de áreas suscetíveis sem incorporar condicionantes geológico-geotécnicos compatíveis com as características do terreno.

O problema, portanto, deixa de ser apenas a informalidade urbana e passa a envolver as limitações do próprio planejamento institucional. Nessa perspectiva, o risco não representa uma falha externa ao sistema de planejamento; ele pode ser produzido pelas próprias normas que regulam o uso do solo quando estas desconsideram os condicionantes físicos do território.

Essa constatação também permite relativizar interpretações que atribuem às mudanças climáticas o papel de principal fator explicativo dos desastres. Embora eventos pluviométricos mais intensos possam aumentar a probabilidade de ocorrência de movimentos de massa, sua capacidade de produzir desastres depende, fundamentalmente, da vulnerabilidade previamente construída pela ocupação do território.

Em áreas adequadamente planejadas, submetidas a critérios rigorosos de parcelamento, restrições de uso e exigências geológico-geotécnicas compatíveis com suas condições naturais, os efeitos desses eventos tendem a ser significativamente reduzidos. Em outras palavras, a noção de risco continua sendo determinada pela interação entre a ameaça e a vulnerabilidade. Quando esta última é controlada pelo planejamento urbano, o potencial das mudanças climáticas para converter eventos naturais em desastres também diminui. Assim, antes de representar um problema exclusivamente climático, o desastre revela, sobretudo, uma insuficiência do processo de produção e gestão do espaço urbano.

O que esses resultados revelam é uma inversão importante da interpretação predominante na literatura brasileira sobre risco urbano. Se, nas grandes metrópoles, os desastres costumam ser associados às franjas da cidade, às ocupações informais e aos assentamentos precários, em Itabirito o risco manifesta-se, em grande medida, no interior da própria cidade formal.

Os setores classificados pelo PMRR como de alto (R3) e muito alto risco (R4) concentram-se em bairros consolidados, dotados de infraestrutura urbana, inseridos no cadastro municipal e plenamente reconhecidos pelo ordenamento jurídico. São áreas com ruas oficialmente denominadas, redes públicas de abastecimento, imóveis regularmente registrados e ocupação consolidada há décadas.

Essa conclusão desloca o foco da discussão. O desafio deixa de ser apenas impedir novas ocupações irregulares e passa a exigir uma revisão crítica do próprio modelo de planejamento urbano. Em Itabirito, o problema não reside apenas na existência de áreas suscetíveis ocupadas, mas no fato de sua ocupação ter ocorrido sob a anuência do poder público, sem que os condicionantes geológico-geotécnicos fossem adequadamente incorporados às normas de parcelamento, uso e ocupação do solo. O risco, portanto, não representa uma externalidade do processo de urbanização, mas um produto das decisões institucionais que orientaram a expansão da cidade.

Planejamento fetichizado e a legalidade que convive com o risco

A legislação federal já havia antecipado, ao menos em parte, esse problema: a Lei nº 12.608/2012 determina que municípios suscetíveis a desastres mapeiem suas áreas de risco e incorporem essa informação aos instrumentos de planejamento territorial. O caso de Itabirito mostra, no entanto, que a existência da norma federal não garante, por si só, sua tradução em regras urbanísticas efetivas: o mapeamento existe, é de qualidade, mas segue, na prática, à margem da regulação do solo.

É exatamente esse hiato entre conhecimento e norma que o conceito de planejamento fetichizado, de Arantes (2000), ajuda a nomear. Itabirito não carece de instrumentos; dispõe de praticamente tudo o que a literatura contemporânea recomenda: plano diretor, lei de uso do solo, plano de redução de riscos, carta de suscetibilidade, plano de ação climática.

O que falta é a capacidade desses instrumentos de reorientar a produção concreta do espaço urbano. E é aqui que o conceito de produção diferencial da legalidade, de Telles (2009), completa o quadro. A autora argumenta que a legalidade urbana não é uma condição homogênea, aplicada de modo uniforme a todo o território, mas um processo social no qual diferentes áreas acessam diferentes graus de reconhecimento jurídico e de permissividade regulatória.

Em Itabirito, áreas hoje suscetíveis a deslizamento foram, ao longo de décadas, plenamente incorporadas à cidade formal por meio de parcelamento, provisão de infraestrutura e reconhecimento institucional; a vulnerabilidade física permaneceu intacta, mas sua condição jurídica mudou completamente. O risco geotécnico, em suma, não impediu a produção da legalidade; conviveu com ela.

Essa constatação ganha ainda mais força quando se observa que o fetichismo do planejamento, na formulação de Arantes (2000), não é sinônimo de incompetência técnica ou de má-fé por parte dos gestores municipais. Ao contrário: os instrumentos de Itabirito são, em geral, tecnicamente bem elaborados, alinhados aos princípios do Estatuto da Cidade e às recomendações mais recentes da literatura sobre planejamento urbano.

O problema não está na qualidade do diagnóstico, mas na função que esse diagnóstico efetivamente cumpre dentro da engrenagem institucional. Ele legitima o discurso de que o município conhece e administra seus riscos, sem que esse conhecimento precise, de fato, alterar as decisões cotidianas sobre onde e como construir. É esse duplo movimento, reconhecer tecnicamente o risco e, ao mesmo tempo, não vinculá-lo à norma, que Telles (2009) ajuda a explicar por meio do conceito de legalidade diferencial. Nesse conceito, a lei não trata todo o território da mesma forma, e áreas de risco podem ser plenamente absorvidas pela cidade legal sem que a própria legalidade seja obrigada a responder por sua segurança. Dito de outro modo, a lei urbanística de Itabirito reconhece o bairro, a rua, o lote e a edificação; o que ela não reconhece, com a mesma força vinculante, é a suscetibilidade geotécnica sobre a qual tudo isso foi construído.

Os limites da governança climática

O Plano Municipal de Ação Climática de Itabirito representa um avanço real ao reconhecer explicitamente a necessidade de adaptação às mudanças climáticas e ao identificar os movimentos de massa como uma das principais ameaças climáticas do município.

Entretanto, as medidas propostas concentram-se predominantemente em ações de monitoramento, fortalecimento institucional e resposta a eventos extremos, sem alterar os mecanismos normativos que regulam a ocupação e a expansão urbana. Trata-se, portanto, de uma abordagem essencialmente reativa, voltada para a gestão da emergência, e não para a prevenção do risco. Além de demandar elevados custos permanentes de operação e manutenção (recuperação e assentamentos), esse modelo tende a ser menos eficiente do que estratégias preventivas, uma vez que atua quando a vulnerabilidade já está consolidada.

Sob a perspectiva da gestão de riscos, a medida mais eficaz continua sendo evitar a ocupação de áreas suscetíveis a movimentos de massa e, nos locais onde a ocupação já se encontra consolidada, promover intervenções de engenharia destinadas à estabilização das encostas e à redução da suscetibilidade.

Sistemas de monitoramento, radares meteorológicos, pluviômetros automáticos e protocolos de alerta desempenham papel fundamental na proteção da população, mas sua função é detectar a aproximação de condições críticas e permitir a evacuação preventiva. Em outras palavras, são instrumentos que buscam reduzir as consequências imediatas do desastre, e não eliminar suas causas estruturais. Quando empregados de forma isolada, acabam transferindo a gestão do risco para os instantes que antecedem a ruptura, momento em que a margem para uma resposta eficaz é inevitavelmente reduzida.

Essa lógica não constitui uma peculiaridade de Itabirito. Como observam Bulkeley e Betsill (2013), a governança climática tende a ser fragmentada entre diferentes setores da administração pública, dificultando que o conhecimento produzido pelas áreas ambiental, climática e geotécnica seja efetivamente incorporado às decisões de planejamento urbano.

O resultado é um modelo de gestão que privilegia a resposta ao desastre em vez de sua prevenção. Investem-se recursos significativos em sistemas de monitoramento, alerta e contingência, enquanto permanecem em segundo plano as ações capazes de eliminar ou reduzir a vulnerabilidade que transforma um evento natural em desastre, como o controle da ocupação de áreas suscetíveis e a implementação de obras de estabilização em setores já

consolidados. Dessa forma, a gestão do risco concentra-se predominantemente nas consequências do problema, quando o maior potencial de redução de perdas humanas e materiais reside, justamente, na prevenção.

Sem articulação entre o Plano de Ação Climática, o PMRR e a Lei de Uso e Ocupação do Solo, as diretrizes de adaptação permanecem, na prática, declaratórias, sem se transformar em critérios vinculantes para licenciamento ou zoneamento. Dietz, Ostrom e Stern (2003) já haviam demonstrado que sistemas de governança ambiental só funcionam quando conseguem articular conhecimento técnico, coordenação institucional e mecanismos regulatórios capazes de transformar informação em norma operacional. Itabirito conhece suas vulnerabilidades climáticas e geotécnicas; o que lhe falta é a integração institucional capaz de transformar esse conhecimento em ação preventiva, e não apenas reativa.

Essa fragmentação institucional, descrita por Bulkeley e Betsill (2013) como um traço recorrente da governança climática local em diferentes contextos, tende a se agravar quando o tema climático chega tardiamente à agenda municipal, como costuma ocorrer em cidades médias, cuja estrutura administrativa raramente dispõe de um setor dedicado exclusivamente à articulação entre clima, meio ambiente e uso do solo.

O resultado prático é que o Plano de Ação Climática de Itabirito, mesmo sendo tecnicamente robusto em seu diagnóstico, tende a operar em um registro predominantemente reativo: fortalece a capacidade de resposta a eventos extremos, aprimora sistemas de alerta e monitoramento, mas não caminha, na mesma velocidade, em direção à prevenção estrutural, que exigiria alterar os próprios parâmetros de ocupação do solo nas áreas mais suscetíveis.

Dietz, Ostrom e Stern (2003) já haviam alertado que essa é, precisamente, a armadilha mais comum na governança de recursos e riscos ambientais complexos: proliferam-se diagnósticos, comitês e planos, mas a efetividade só aparece quando essas peças se conectam a mecanismos regulatórios capazes de transformar informação técnica em restrição concreta sobre o comportamento dos agentes que produzem o espaço urbano, incorporadoras, proprietários e o próprio poder público municipal.

Conclusão

O caso de Itabirito revela que a vulnerabilidade geotécnica contemporânea não decorre apenas da informalidade urbana ou da ausência

de planejamento. Ela pode resultar, também, de formas institucionalizadas de produzir a cidade, nas quais o conhecimento técnico é gerado e reconhecido, mas não é efetivamente incorporado às decisões que regulam o uso e a ocupação do solo. Os desastres são construídos historicamente pela produção da vulnerabilidade. Em Itabirito, essa vulnerabilidade decorre, em grande medida, da limitada tradução normativa de diagnósticos geológico-geotécnicos já disponíveis e tecnicamente consistentes.

Diante da intensificação dos eventos climáticos extremos apontada pelo IPCC (2022), a prioridade não deve ser apenas ampliar a capacidade de resposta aos desastres, mas reduzir as vulnerabilidades que os tornam possíveis. Isso exige que cartas de suscetibilidade, planos de redução de riscos e diagnósticos geotécnicos deixem de desempenhar uma função meramente consultiva e passem a orientar, de forma vinculante, o parcelamento do solo, o licenciamento urbanístico e o zoneamento municipal. Mais do que produzir novos estudos, o desafio consiste em transformar o conhecimento já existente em norma efetiva de planejamento.

A principal contribuição deste ensaio, portanto, ultrapassa o caso de Itabirito. Em municípios implantados sobre relevo acidentado, a segurança territorial não pode ser presumida pela simples existência de infraestrutura ou pela regularidade jurídica da ocupação. Ela depende da capacidade de integrar, de forma obrigatória, os condicionantes geológico-geotécnicos às decisões urbanísticas. Enquanto essa integração não ocorrer, a legalidade urbana continuará podendo legitimar a ocupação de áreas suscetíveis e, paradoxalmente, contribuir para a produção institucional do próprio risco que deveria prevenir.

Referências

ARANTES, Otília Beatriz Fiori. **Uma estratégia fatal: a cultura nas novas gestões urbanas**. Petrópolis: Vozes, 2000.

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. 2. ed. São Paulo: 34, 2011.

BOWEN, Glenn A. Document analysis as a qualitative research method. **Qualitative Research Journal**, v. 9, n. 2, p. 27-40, 2009.

BULKELEY, Harriet; BETSILL, Michele. Revisiting the urban politics of climate change. **Environmental Politics**, v. 22, n. 1, p. 136-154, 2013.

DIETZ, Thomas; OSTROM, Elinor; STERN, Paul C. The struggle to govern the commons. **Science**, v. 302, n. 5652, p. 1907-1912, 2003.

HARVEY, David. **Cidades rebeldes: do direito à cidade à revolução urbana**. São Paulo: Martins Fontes, 2014.

IPCC. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

ITABIRITO. Lei Complementar nº 3.323, de 2019. **Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Itabirito**. Itabirito, 2019.

ITABIRITO. Lei Complementar nº 3.325, de 2019. **Dispõe sobre o Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Município de Itabirito**. Prefeitura Municipal: Itabirito, 2019.

ITABIRITO. **Plano Municipal de Redução de Riscos - PMRR**. Itabirito: Prefeitura Municipal, 2023.

LAVELL, Allan. **Desastres y desarrollo: hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un desastre**. Panamá: LA RED, 2000.

LEFEBVRE, Henri. **The production of space**. Oxford: Blackwell, 1991.

MARENGO, José A. et al. Increase risk of drought in the semiarid lands of Northeast Brazil due to regional warming above 1.5°C. **Climate**, v. 9, n. 11, p. 154, 2021.

MARICATO, Ermínia. Urbanismo na periferia do mundo globalizado. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 4, p. 21-33, 2000.

ROLNIK, Raquel. **Guerra dos lugares: a colonização da terra e da moradia na era das finanças**. São Paulo: Boitempo, 2015.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações do Município de Itabirito**. Belo Horizonte, 2021.

TELLES, Vera da Silva. Nas dobras do legal e do ilegal: ilegalismos e jogos de poder nas tramas da cidade. **Dilemas**, v. 2, n. 5-6, p. 97-126, 2009.

WISNER, Ben et al. **At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters**. 2. ed. London: Routledge, 2004.

A Importância das Cooperativas de Catadores para a Economia Circular de Resíduos Sólidos Urbanos e Eletroeletrônicos – Estudo de casos múltiplos das cooperativas de materiais recicláveis de Campinas - SP

***Amauri Américo de Godoy Filho*[1]**
***Roberto Bazanini*[2]**
***Sheila Cristina Lima Mezzanati Américo de Godoy*[3]**

1 Considerações iniciais

Esta pesquisa investiga a aplicação e a efetividade da logística reversa de Resíduos Sólidos Urbanos e de Equipamentos Eletroeletrônicos em cooperativas de materiais recicláveis em Campinas – SP. O estudo fundamenta-se nos conceitos de logística reversa e economia circular, alinhando-se ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU. Metodologicamente, adotou-se uma abordagem qualitativa e exploratório-descritiva, por meio de estudo de caso múltiplo em três cooperativas. A coleta de dados envolveu entrevistas semiestruturadas, análise documental e observação direta. Os resultados demonstram que, embora as cooperativas sejam fundamentais na cadeia da logística reversa, sua capacidade operacional é limitada, processando menos de 4% da demanda municipal. Contudo, persistem desafios críticos como infraestrutura precária, ausência de financiamento direto, carência de equipamentos de proteção e baixa conscientização populacional. Conclui-se que as cooperativas são agentes essenciais para a sustentabilidade e inclusão social. Entretanto, para potencializar sua contribuição à Agenda 2030, é imperativo ampliar a capacidade operacional, fortalecer as redes de cooperação e implementar políticas públicas robustas que garantam o suporte institucional e financeiro necessário à efetividade da logística reversa no município.

2 Introdução

[1] Mestre em Administração. Docente da UNIP. *E-mail*: amauri.filho@docente.unip.br
[2] Doutor em Comunicação e Semiótica. Docente da UNIP. *E-mail*: roberto.bazanini@docente.unip.br
[3] Especialista em Gestão de Pessoas e Psicologia Organizacional. ESPRO. *E-mail*: sheila.godoy@espro.org.br

O crescimento desordenado das cidades, impulsionado pelo aumento do consumo e pela obsolescência programada, sobrecarrega os sistemas urbanos de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) e de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). Quando descartados inadequadamente, tais resíduos geram impactos ambientais severos e ameaçam a saúde pública. Nesse cenário, a logística reversa emerge como estratégia vital para a economia circular e a sustentabilidade urbana, alinhando-se à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável – 12 (ODS 12) da Agenda 2030 da ONU. Autores como Forti et al. (2020) e Motta (2023) ressaltam que o descarte incorreto ocorre mesmo diante da presença de substâncias tóxicas. Assim, a logística reversa atua como ferramenta essencial no planejamento e controle do fluxo de materiais, do consumo ao ponto de origem.

No Brasil, a gestão é regulamentada pela Lei 12.305/2010 que reconhece as cooperativas de catadores como agentes centrais. Essas cooperativas desempenham funções críticas de coleta e triagem, promovendo inclusão social. Contudo, enfrentam fragilidades como infraestrutura precária, baixa inserção tecnológica e falta de financiamento. Atualmente, as cooperativas operam como elos fundamentais da sustentabilidade, frequentemente subsidiadas por parcerias públicas e privadas.

A logística reversa nestas organizações envolve etapas de coleta, classificação, desmontagem e disposição final. Esse setor impulsiona o empreendedorismo social e a economia solidária. A interação entre catadores, indústrias, poder público e consumidores (*stakeholders*) exige modelos de governança baseados em normas construídas pelos próprios atores para mitigar conflitos e fortalecer o poder de negociação. Todavia, o volume exponencial de resíduos contrasta com a capacidade de tratamento atual. Diante desse cenário, o problema de pesquisa consiste em compreender os fatores que limitam a efetividade dos processos de logística reversa em cooperativas, considerando sua interação com stakeholders e mecanismos de governança. Formula-se, portanto, a questão central: de que forma os processos de logística reversa são implementados junto aos stakeholders pelas cooperativas de RSU e REEE em Campinas – SP, em consonância com o ODS 12?

Para responder a essa questão, o objetivo geral deste estudo é analisar os processos de logística reversa em três cooperativas de Campinas – SP, identificando agentes e desempenho comparativo sob a ótica do ODS 12. Especificamente, busca-se: identificar os agentes; analisar as características e benefícios gerados pelas cooperativas; e relacionar tais processos à garantia de padrões de consumo e produção sustentáveis.

A pesquisa justifica-se pela relevância prática das cooperativas na operacionalização da política de resíduos e pela lacuna teórica na articulação entre logística reversa, especialmente no tratamento simultâneo de RSU e REEE. O interesse pelo tema advém da lacuna deixada pelo poder público, suprida pelo trabalho dos catadores, essencial para mitigar impactos ambientais urbanos. Por fim, a delimitação do trabalho compreende uma vertente temporal (2010 a 2025) e uma geográfica, focada em um estudo de caso múltiplo em três cooperativas no município de Campinas – SP.

3 Fundamentação Teórica

Diariamente, pessoas físicas e jurídicas geram grandes volumes de resíduos sólidos urbanos (RSU) e resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), popularmente conhecidos como lixo. Resíduos sólidos são resultados de atividades agrícolas, industriais, comerciais e domésticas e são classificadas quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, além dissofornecem subsídios para seu gerenciamento (ABNT NBR 10007:2004). O Brasil se destaca na América Latina por sua legislação ambiental avançada, que inclui o Art. 225 da Constituição Federal de 1988, a Lei nº 9.795/1999 (Política Brasileira de Educação Ambiental), o Decreto Federal nº 5.940/2006 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, que estabelece a responsabilidade compartilhada na gestão das diversas categorias de resíduos (Vieira *et al.*, 2020).

Desde o início do século XXI, a sociedade tem excedido o consumo de bens e produtos além das necessidades básicas, impulsionando o aumento da produção, comercialização e desperdício. A obsolescência programada — técnica (por melhorias), física (por durabilidade limitada) ou de estilo (por aparência) — contribui significativamente para reduzir a vida útil de produtos, especialmente eletroeletrônicos, como estratégia empresarial para aumentar as vendas (Cornieri e Fracalanza, 2010; Vieira *et al.*, 2020). Todos esses resíduos deveriam ser descartados corretamente para evitar danos ao solo, águas, plantas, animais, saúde humana e ao ambiente urbano. Esse é um grande desafio, dada a falta de informação da população sobre educação ambiental e cidadania, essencial para a separação correta dos materiais (Cornieri e Fracalanza, 2010; Almeida, Silveira e Engel, 2020; Dias, Vieira e Silva, 2024). O acúmulo inadequado de resíduos em áreas urbanas a céu aberto potencializa a proliferação de pragas e doenças, gerando problemas sociais e ambientais de responsabilidade pública (Almeida, Silveira e Engel, 2020).

Outro fator preocupante é o descarte incorreto do lixo eletrônico (Alós, Milão e Eberle, 2023), que produz o chorume, líquido poluente que

contamina solos e lençóis freáticos. Pode ocorrer também a bioacumulação em animais e plantas, ocasionando doenças graves e óbito para animais e humanos. A execução correta da separação reduz o extrativismo, o consumo de água e energia, reinserindo elementos no mercado através da economia circular (Cornieri e Fracalanza, 2010; Almeida, Silveira e Engel, 2020; Dias, Vieira e Silva, 2024).

A economia circular busca atender estratégias industriais e ambientais vinculadas aos 4Rs (reciclar, reduzir, reutilizar e recuperar), gerando benefícios econômicos pela recuperação de papelão, plásticos, vidros, madeiras, sucatas e metais raros (Hunger; Arnold; Ulber, 2024). A economia circular depende da logística reversa para que os resíduos e descartes retornem ao ciclo econômico. Atualmente, os princípios da reciclagem estão pautados no ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis e na Agenda 2030 da ONU (Bazanini *et al.*, 2022).

O acúmulo de RSU e REEE gerou pressões sociais sobre o poder público para criação de leis para que as empresas adotem os princípios dos 4 Rs (Hernández e Bitencurt, 2024).

Vieira *et al.* (2020) descrevem a logística reversa como a área que planeja e controla o fluxo de retorno de mercadorias (pós-venda ou pós-consumo) para o ciclo produtivo com agregação de valor. Demajorovic, Augusto e Saraiva de Souza (2016) e Acosta, Wegner e Padula (2008), definem-na como o processo de planejamento e controle da eficiência de fluxos do ponto de consumo ao de origem para recuperar valor ou descarte correto. A logística reversa de pós-consumo possibilita a geração de valor econômico e ecológico via reaproveitamento e reciclagem (Vieira *et al.*, 2020; Acosta, Wegner e Padula, 2008).

Os processos de logística reversa pós-consumo envolvem diversos atores: consumidores, lojistas, fabricantes, poder público, catadores e cooperativas (Vieira *et al.*, 2020). Todos são corresponsáveis, exigindo sistemas de informação, gestão de inventário e relações comerciais integradas. No entanto, barreiras como tecnologia insuficiente, infraestrutura, altos custos logísticos, falta de mão de obra qualificada, entre outros, dificultam a sua implementação (Vieira *et al.*, 2020; Maduro e Rodriguez, 2024). Apesar dessas barreiras, a PNRS (Lei nº 12.305/2010) obriga empresas a compartilharem a responsabilidade da logística reversa com catadores e cooperativas (Vieira *et al.*, 2020; Panza e Okano, 2018), um trabalho vital para a reciclagem industrial e reinserção dos RSU e REEE no ciclo produtivo (Panza; Okano, 2018).

Redes organizacionais são grupos de atores que se unem por objetivos comuns que, isoladamente, não o alcançariam, mantendo sua autonomia em um sistema de interdependência (Giglio, Cruz e Deroldo, 2024; Cruz, Lima e Giglio, 2024). Sávio e Teixeira (2016) destacam a colaboração solidária em redes integrando produção, comércio e consumo.

Bazanini *et al.* (2022) alegam que os processos de reciclagem são mais efetivos em redes interorganizacionais, nas quais a posição de cada agente influencia o comportamento do grupo. As redes de catadores são classificadas como de colaboração solidária (Sávio e Teixeira, 2016). A formação dessas redes ocorre para mitigar a precariedade, vulnerabilidade e insalubridade do trabalho. A inserção de catadores nos sistemas de logística reversa requer critérios de separação claros e programas que promovam a inclusão social, melhoria das condições de trabalho e diretrizes para políticas públicas eficazes (Pisano, Demajorovic e Besen, 2024).

4 Metodologia

A pesquisa teve início a partir da definição do tema, seguida por um processo de análise e revisão da literatura, que subsidiou a construção da fundamentação teórica e possibilitou a reflexão acerca das questões norteadoras e dos objetivos propostos. A partir dessas constatações, optou-se pela utilização da metodologia da entrevista compreensiva, por sua adequação à natureza da investigação e à necessidade de compreensão aprofundada do fenômeno estudado.

No âmbito desse procedimento metodológico, a fase exploratória foi utilizada para delinear aspectos técnicos da pesquisa, tais como a sistematização dos instrumentos de coleta de dados e a elaboração de um roteiro flexível de questões. O estudo adotou uma abordagem qualitativa, estruturada por meio de um estudo de caso múltiplo envolvendo três cooperativas de reciclagem localizadas no município de Campinas - SP. Com o objetivo de preservar o anonimato das instituições e dos participantes, as cooperativas foram identificadas como Cooperativa ACS (Cooperativa A), Cooperativa R (Cooperativa B) e Cooperativa UV (Cooperativa C), enquanto os entrevistados foram mencionados apenas conforme seus cargos, como Presidente (P), Coordenadora Educacional e Ambiental (CEA) e Encarregado (E).

O desenvolvimento da pesquisa teve início com a identificação das cooperativas de catadores atuantes no município de Campinas - SP. Na sequência, foram realizadas visitas técnicas, culminando na seleção de entidades para participação no estudo. As visitas ocorreram no período de

janeiro a abril de 2025 e possibilitaram o reconhecimento inicial do funcionamento das cooperativas. A partir desse levantamento, foram elaborados questionários distintos: um direcionado aos gestores da cooperativa e outro aplicado aos catadores.

As entrevistas, compostas por questões não estruturadas, permitiram aos participantes manifestar-se de forma livre sobre os temas propostos. As cooperativas apresentaram diferenças significativas quanto ao número de cooperados, faixa etária, tempo de atuação na atividade de catação e nível de renda, o que demandou a realização de diversas visitas para obtenção de informações mais precisas e condizentes com a realidade observada.

A coleta dos dados primários ocorreu por meio de entrevistas semiestruturadas com os gestores, abordando temas relacionados à estrutura organizacional, logística reversa, redes organizacionais, governança, economia circular e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 12). As entrevistas foram transcritas e submetidas à análise temática, permitindo a comparação dos dados obtidos entre as cooperativas, à luz dos objetivos específicos da pesquisa e dos referenciais teóricos adotados.

5 Análise dos Dados

Os principais achados da pesquisa são oriundos da triangulação de dados coletados por meio de entrevistas semiestruturadas com gestores das cooperativas de reciclagem do município de Campinas-SP, da análise documental e da observação direta realizada nas instalações das cooperativas. A organização dos resultados segue uma lógica analítica que permite compreender os processos de logística reversa, os mecanismos de governança em rede e as interações estabelecidas entre os diversos *Stakeholders* envolvidos no sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) e eletroeletrônicos (REEE).

De acordo com o relatório Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2024 e 2025, publicado pela Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2024 e 2025), o Brasil gerou aproximadamente 81 milhões de toneladas de RSU em 2023 e 2024, o que corresponde a uma média anual de 382 kg (2023) e 384 kg (2024) por habitante. A região Sudeste, considerada a maior geradora de resíduos do país, apresentou geração per capita de 1,237 kg por habitante/dia (2023) e 1,241 kg por habitante/dia (2024), representando crescimento de 0,6% entre 2022 e 2023 e de 0,5% entre 2023 e 2024. A distribuição regional da geração de RSU evidencia que as áreas mais populosas concentram maiores volumes.

O mesmo relatório indica que, em 2023, 93,4% dos RSU gerados no país foram coletados; em 2024, foram 93,7% com diferenças expressivas entre as regiões. No que se refere à reciclagem em 2023, 8,3% dos RSU gerados, aproximadamente 6,7 milhões de toneladas, foram encaminhados para esse fim; em 2024, 6% dos RSU gerados, aproximadamente 4,6 milhões de toneladas foram para reciclagem. (ABREMA, 2024 e 2025).

5.1 Cooperativas de Catadores de Campinas - SP

Segundo dados do IBGE (2022), Campinas possui aproximadamente 1.185.000 habitantes, sendo o 14º município mais populoso do país e o 3° do estado de São Paulo. O município apresenta elevado grau de desenvolvimento econômico, além de um polo industrial e tecnológico consolidado.

Atualmente, Campinas possui 13 cooperativas de catadores e recicladores cadastradas junto à prefeitura, totalizando cerca de 500 cooperados (Prefeitura de Campinas, 2025). Para a realização da pesquisa empírica, foram selecionadas três cooperativas que se disponibilizaram a participar do estudo de caso: Cooperativa A, Cooperativa B e Cooperativa C.

As cooperativas atuam inseridas em uma rede de logística reversa composta por diversos agentes, entre eles o poder público municipal, empresas recicladoras e indústrias, catadores independentes, empresas privadas geradoras de resíduos e a sociedade civil como principal origem dos resíduos. A prefeitura municipal desempenha papel central na coleta seletiva e no suporte institucional, enquanto as empresas recicladoras são responsáveis pelo fechamento do ciclo, adquirindo os materiais selecionados. A população e os consumidores têm papel decisivo na separação adequada dos resíduos na origem, impactando diretamente a eficiência do sistema.

As três cooperativas integram a RECICLAMP – Cooperativa Central de Coleta de Materiais Recicláveis e Reutilizáveis de Campinas e Região, criada em 2008, responsável pela coordenação logística, captação de resíduos, rateio de custos administrativos e operacionais e articulação com o poder público e empresas privadas.

Embora as três cooperativas possuam características próprias, compartilham processos similares de coleta indireta, triagem manual, prensagem e destinação dos materiais às empresas recicladoras. Os processos operacionais seguem etapas padronizadas: pesagem bruta dos resíduos recebidos, triagem manual por categoria, pesagem líquida, prensagem e armazenamento para retirada pelas recicladoras. A presença de rejeitos, materiais não recicláveis ou inadequadamente descartados, reduz a eficiência

produtiva das cooperativas e impacta negativamente os indicadores operacionais.

6 Discussão

Os resultados evidenciam que as cooperativas de reciclagem enfrentam desafios estruturais e operacionais que afetam diretamente a efetividade da logística reversa. Entre os principais entraves apontados pelos gestores destacam-se a ausência de financiamento direto, a infraestrutura precária, a falta de equipamentos adequados, a baixa conscientização da população e a instabilidade do mercado de recicláveis.

Muitas cooperativas operam em galpões inadequados, sem máquinas de triagem automatizadas e com carência de equipamentos de proteção individual (EPIs), o que afeta tanto a segurança quanto a produtividade dos cooperados. Além disso, a separação incorreta dos resíduos na origem eleva o tempo e os custos da triagem, aumentando o volume de rejeitos, conforme apontam Panza e Okano (2018) e Agostini e Busato (2022).

As cooperativas analisadas desempenham funções centrais na logística reversa ao realizar a coleta, a triagem e a destinação adequada dos resíduos, garantindo o retorno de materiais ao ciclo produtivo. Entretanto, os resultados confirmam que o nível de reciclagem no Brasil permanece insuficiente (Bazanini et al., 2022). Em Campinas, a capacidade das cooperativas atende menos de 4% da demanda municipal, evidenciando um descompasso entre a geração de resíduos e a infraestrutura disponível. Em função disso, a Prefeitura publicou em março de 2025 uma abertura de chamamento público para seis novas cooperativas de reciclagem para o município (A Cidade On, 2025; Correio Popular, 2025), objetivando triplicar a capacidade produtiva.

Todavia, a pesquisa indica que a responsabilidade compartilhada prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos ainda não se reflete em apoio institucional efetivo (Vieira et al., 2020). A ausência de financiamento direto e o reconhecimento limitado das cooperativas como parceiras estratégicas do poder público e do setor privado configuram lacunas relevantes. Embora a cooperação entre catadores, governo, empresas e sociedade civil seja reconhecida como essencial (Cano; Iacovidou; Rutkowiski, 2022), há necessidade de maior engajamento, especialmente quanto à infraestrutura e à educação ambiental da população.

7 Conclusões e Considerações Finais

Os principais achados evidenciam que, embora as cooperativas desempenhem papel essencial na operacionalização da logística reversa — realizando coleta, triagem, separação e destinação adequada dos resíduos — sua atuação é limitada por fatores estruturais, como ausência de financiamento estável, infraestrutura precária e baixa adesão da população à coleta seletiva. Em conjunto, as cooperativas analisadas atendem menos de 4% da demanda municipal de RSU e REEE, revelando uma lacuna crítica entre a geração de resíduos e a capacidade local de tratamento.

Ainda assim, as cooperativas exercem um papel insubstituível na cadeia da logística reversa em Campinas. Atuam como base do sistema de coleta e pré-processamento de materiais recicláveis, promovendo a reinserção desses recursos na economia e contribuindo diretamente para os princípios da economia circular.

A pesquisa destacou a importância da atuação integrada dos Stakeholders — cooperativas, poder público, empresas recicladoras e sociedade civil — para a efetividade da logística reversa. Embora existam parcerias, observa-se a necessidade de maior apoio institucional e de reconhecimento formal do papel estratégico das cooperativas na gestão de resíduos.

O estudo contribui teoricamente ao reforçar a importância de abordagens multissetoriais e de redes solidárias na gestão de resíduos sólidos, e, no plano prático, aponta a necessidade de investimentos em infraestrutura, reconhecimento institucional e políticas públicas articuladas. Apesar das limitações relacionadas ao recorte geográfico e à disponibilidade de dados quantitativos, a triangulação metodológica assegura a validade interna da pesquisa.

Conclui-se que as cooperativas de reciclagem constituem pilares da sustentabilidade urbana e que a logística reversa, quando organizada em redes colaborativas, apresenta elevado potencial de transformação socioambiental. Contudo, a materialização desse potencial depende do reconhecimento institucional, de investimentos públicos e do engajamento efetivo de todos os Stakeholders.

Referências

ABNT NBR 10004. Resíduos Sólidos – **Classificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT**. Edição 2. 2004. Disponível em:

https://analiticaqmcresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf. Acesso em: 03 mar. 2024.

ABREMA – Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2024**. Disponível em: https://www.boletimdosaneamento.com.br/wp-content/uploads/2025/06/Panorama_2024_v4.pdf. Acesso em 23 maio 2025.

ABREMA – Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2025**. Disponível em: https://static.poder360.com.br/2025/12/panorama-2025.pdf. Acesso em: 15 abr. 2026.

A CIDADE ON CAMPINAS. **Campinas abre chamamento público para novas cooperativas de reciclagem. Seis organizações serão selecionadas para receber materiais excedentes e reforçar a destinação sustentável de resíduos na cidade.** Redação 10 de março de 2025, Atualizado: 10 de março de 2025. Disponível em: https://www.acidadeon.com/campinas/cotidiano/campinas-abre-chamamento-publico-para-novas-cooperativas-de-reciclagem/. Acesso em: 20 abr. 2025.

ACOSTA, Byron; WEGNER, Douglas; PADULA, Antônio Domingos. **Logística Reversa como Mecanismo para Redução do Impacto Ambiental Originado pelo Lixo Informático.** RECADM, v. 7 n. 1, p. 1-12, Maio/2008. Disponível em: https://www.periodicosibepes.org.br/index.php/recadm/article/view/67. Acesso em: 17 mar. 2024.

AGOSTINI, Josieli; BUSATO, Maria Assunta. **Coleta e separação de materiais recicláveis potencialidades e limitações de associações de catadores.** Research, Society and Development, v. 11, n. 2, e1711225260, 2022. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/25260/22252. Acesso em: 05 abr. 2025.

ALMEIDA, Giovana Goretti Feijó de; SILVEIRA, Rosí Cristina Espíndola da; ENGEL, Vonia. **Coleta e Reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos: Contribuição para o Debate sobre a Sustentabilidade Ambiental** Future Studies Research Journal: Trends and Strategies, 12(2), 289–310. Disponível em: https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2020.v12i2.445. Acesso em: 18 abr. 2025.

ALÓS, Jandir dos Santos; MILAN, Gabriel Sperandio; EBERLE, Luciene. **The Reverse Logistics operation of solid waste pos-consumption of**

electronic products for domestic use in Brazil. Rev. Adm. UFSM, Santa Maria, v. 16, n. 3, e2, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/reaufsm/a/YCV4kDQHWkpPzsDpvxzMFHj/?format=pdf&lang=en. Acesso em: 09 jan. 2025.

BAZANINI, Roberto; LANIX, Tirone Chahid; MACHADO JUNIOR, Celso; VILANOVA, Miguel Eugenio Minuzzi; ADRA, Ricardo Daniel**. Redes de Gestão Socioambiental: a transferência do conhecimento na criação de valor em cooperativas de materiais recicláveis.** Perspectivas em Gestão & Conhecimento, João Pessoa, v. 12, n. 1, p. 35-60, jan./abr. 2022. Disponível em: http://www.spell.org.br/documentos/ver/66694/redes-de-gestao-socioambiental--a-transferencia-do-conhecimento-na-criacao-de-valor-em-cooperativas-de-materiais-reciclaveis/i/pt-br. Acesso em: 13 mar. 2025.

BRASIL. 2010. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 (2010). Dispõe sobre a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 03 mar. 2024

BUTTENBENDER, Pedro Luís; RIBEIRO, Leonardo Coelho; ALLEBRANDT, Sergio Luís; MUELLER, Airton Adelar; BRIZOLLA, Maria Margarete Baccin (2022). **Políticas públicas, terceiro setor e suas contribuições sociais e econômicas na execução de projetos.** Redes, 27(1). 2022. Disponível em: https://doi.org/10.17058/redes.v27i1.17172. Acesso em 12 jul. 2024

CANO, Nathalia Silva de Souza Lima; IACOVIDOU, Eleni; RUTKOWSKI, Emília Wanda. **Typology of municipal solid waste recycling value chains: A global perspective.** Journal of Cleaner Production, Volume 336, 15 February 2022, 130386. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130386. Acesso em: 22 mar. 2025.

CORNIERI, Marina Gonzalbo; FRACALANZA, Ana Paula. **Desafios do lixo em nossa sociedade.** Revista Brasileira de Ciências Ambientais - Número 16 - Junho/2010. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/389/336. Acesso em: 20 mar. 2024.

CORREIO POPULAR. **Programa de Economia Solidária terá mais seis cooperativas de reciclagem. Objetivo da Secretaria de Trabalho e Renda é triplicar o volume de material reciclado.** 12/03/2025 às 11:36. Atualizado em 12/03/2025 às 13:19. Disponível em: https://correio.rac.com.br/campinasermc/programa-de-economia-solidaria-

tera-mais-seis-cooperativas-de-reciclagem-1.1635245. Acesso em: 20 abr. 2025.

CRUZ, Lídia, LIMA, Aline, GIGLIO, Ernesto Michelangelo. **Governança colaborativa como fator principal na formação de redes locais: comparativo entre dois casos**. Revista Administração Em Diálogo - RAD, 26(3), 52–69. Disponível em: https://doi.org/10.23925/2178-0080.2024v26i3.64483. Acesso em: 04 abr. 2025.

DEMAJOROVIC, Jacques; AUGUSTO, Eryka Eugênia Fernandes; SARAIVA DE SOUZA, Maria Tereza. **Reverse Logistics of E-Waste in Developing Countries: Challenges and Prospects for the Brazilian Model.** Ambiente & Sociedade. São Paulo v. XIX, n. 2 n p. 117-136 n abr.-jun. 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/j/asoc/a/hsym9V35CCXBNfn4sbNmctD/?format=pdf&lang=en. Acesso em: 22 mar. 2025.

DIAS, Haniel Santos Oliveira; VIEIRA, Gabriel Rodrigues Silva; SILVA, Gesner Lopes Ferraz. **O Lixo Reciclável e o Meio Ambiente: Benefícios para a Economia de Pessoas de Baixa Renda.** Revista Foco, v.17, n.9, e6075, p.01-16, 2024. Disponível em: https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/6075/4398. Acesso em: 05 abr. 2025.

FERRAZ, Lucimare; GOMES, Mara Helena de Andréa; BUSATO, Maria Assunta. **O catador de materiais recicláveis: um agente ambiental.** Cad. EBAPE.BR, v. 10, nº 3, opinião 5, Rio de Janeiro, Set. 2012 p.763–768. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cebape/a/VPKQFFfrHZsw7ccLjChFSjp/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 05 abr. 2025.

FORTI, Vanessa; BALDÉ, Cornelis Peter; KUEHR, Ruediger; BEL, Garam. **The Global E-waste Monitor 2020. Quantities, flows, and the circular economy potential.** UNU/UNITAR and ITU, 2020. Disponível em: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf. Acesso em: 30 abr. 2025.

GIGLIO, Ernesto Michelangelo; CRUZ, Lídia; DEROLDO, Andréia. **Associação entre governança colaborativa e os resultados nas redes: o caso de Juruaia - Brasil.** Economia, Sociedade y Territorio, 24(76): e1846.Disponível em: https://est.cmq.edu.mx/index.php/est/article/view/1846/2081. Acesso em: 04 abr. 2025.

HERNÁNDEZ, Cecilia Toledo; BITENCOURT, Janinne da Silva. **Impacto da Política Nacional de Resíduos Sólidos nas Práticas de Logística Reversa.** Race, Joaçaba, v. 21, n. 3, p. 5-6, set./dez. 2022. Disponível em: https://periodicos.unoesc.edu.br/race/article/view/32776/19363. Acesso em: 18 abr. 2024.

HUNGER, Tom; ARNOLD, Marlen; ULBER, Martin. **Circular value chain blind spot – A scoping review of the 9R framework in consumption**. Journal of Cleaner Production, Volume 440, 10 February 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140853 Acesso em: 30 abr. 2025.

ISLU – **Índice de Sustentabilidade Urbana – 2024**. Abreuma. Disponível em: https://realtime1.com.br/wp-content/uploads/2025/07/abrema_islu_2024-tabelas_v3_weblight.pdf. Acesso em: 23 maio 2025.

ISLU – **Índice de Sustentabilidade Urbana – 2025**. Abreuma. Disponível em: https://www.abrema.org.br/islu/.. Acesso em: 15 abril 2026.

MADURO, Renata da Silva; RODRIGUEZ, Carlos Manoel Taboada. **Barreiras que limitam a implementação da logística reversa.** Revista de Gestão e Secretariado v.15, n.4, 2024. Disponível em: https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/3668. Acesso em: 30 abr. 2025.

MOTTA, Daniele Cordeiro. **O trabalho dos(as) catadores(as): material reciclável não é lixo.** Revista Museu Arq. Etn., 40: 4-20, 2023. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/revmae/article/view/190294/194049. Acesso em: 05 abr. 2025.

PANZA, Graziela Bizin; OKANO, Marcelo Tsuguio. **O Papel da Cooperativa de Reciclagem na Logística Reversa de um Sistema Produtivo.** SADSJ – South American Development Society Journal, Edição Especial 01, Ano 2018. Disponível em: https://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/179/158. Acesso em: 05 abr. 2025

PEDRO, Fernanda; GIGLIO Ernesto; VELASQUEZ, Luis; MUNGUIA, Nora. **Constructed Governance as Solution to Conflicts in E-Waste Recycling Networks.** Sustainability 2021, 13(4), 1701. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su13041701. Acesso em: 03 abr. 2025.

PISANO, Viviane; DEMAJOROVIC, Jacques; BESEN, Gina Rizpah. **Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil: perspectivas das redes de cooperativas de catadores.** Ambiente & Sociedade. São Paulo. Vol. 25, 2022. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/asoc/a/GrwgLFsQbf7dNSXB64GqVTg/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 19 mar. 2025.

PISANO, Viviane; DEMAJOROVIC, Jacques; BESEN, Gina Rizpah. **Indicadores de sustentabilidade e rede de cooperativas de catadores: uma avaliação do impacto no desempenho de suas organizações-membros.** Cad. EBAPE.BR, v. 22, nº 5, Rio de Janeiro, e2023-0107, 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cebape/a/JZnzS5pqvmsSCHtJrjjyWxF/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 13 mar. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, Secretaria de Trabalho e Renda – **Cooperativas de Reciclagem.** Disponível em: https://campinas.sp.gov.br/secretaria/trabalho-e-renda/pagina/cooperativas-de-reciclagem. Acesso em: 03 fev. 2025.

SÁVIO, Alexandra, TEIXEIRA, Bernardo Arantes do Nascimento. **Descrição e Análise do Processo de Formação de uma Rede de Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis: Caso da Rede Anastácia, Estado de São Paulo.** Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 04, n. 24, 2016, pp. 57-72. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/1324/1346. Acesso em: 12 mar. 2025.

VIEIRA, Bárbara de Oliveira; GUARNIERI, Patrícia; SILVA, Lúcio Câmara; ALFINITO, Solange. **Prioritizing Barriers to Be Solved to the Implementation of Reverse Logistics of E-Waste in Brazil under a Multicriteria Decision Aid Approach**. Sustainability 2020, 12(10), 4337. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su12104337. Acesso em: 22 mar. 2025.

Calculando a Saúde: como a potenciação e radiciação, em matemática, contribuíram para o cálculo da gordura corporal dos estudantes

***Willame Matos Fernandes*[1]**
***Thalita Arthur*[2]**
***Luis Eduardo Pais dos Santos*[3]**

O contexto da nossa prática

Esta prática pedagógica abordou a temática da obesidade sob a ótica do "PSE - Programa Saúde na Escola" (Decreto nº 6.286/2007). O objetivo central foi promover uma reflexão crítica sobre as causas e consequências da obesidade, utilizando a matemática como ferramenta analítica e prática.

A proposta conectou o conteúdo curricular matemático sobre potenciação e radiciação com números racionais ao cálculo de índices de saúde, especificamente ao Índice de Massa Corporal (IMC), ao Índice de Adiposidade Corporal (IAC) e ao Recíproco do Índice Ponderal (RIP), fundamentais para avaliar o estado nutricional dos estudantes. Dessa forma, esta prática conseguiu relacionar a habilidade essencial EF08MA02 (Resolver e elaborar problemas usando a relação entre potenciação e radiciação, para representar uma raiz como potência de expoente fracionário) da BNCC (Brasil, 2018, p. 313) com o tema transversal "Saúde: Educação Alimentar e Nutricional" (Brasil, 2019, p. 7).

A metodologia fundamentou-se em práticas ativas associadas ao Desenho Universal para Aprendizagem (DUA), contemplando os princípios "representação", "engajamento" e "ação e expressão", e ao Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK), posicionando o aluno como

[1] Especialista em Gestão Educacional e pós-graduando em Educação em Ciências e Matemática. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. *E-mail*: profe.willame@gmail.com
[2] Doutora em Ensino de Ciências e Matemática. Instituto Federal de São Paulo - IFSP - Campus Capivari. *E-mail*: thalitaarthur@ifsp.edu.br
[3] Doutor em Química. Instituto Federal de São Paulo - IFSP - Campus Capivari. *E-mail*: leps@ifsp.edu.br

protagonista de seu aprendizado, maximizando as oportunidades de aprendizagem e unindo o conteúdo à pedagogia e à tecnologia.

O porquê da escolha do Desenho Universal para Aprendizagem

O DUA consiste em um conjunto de princípios e constitui um modelo prático que objetiva maximizar as oportunidades de aprendizagem para todos os estudantes. Segundo Zerbato e Mendes (2018, p. 150), o Desenho Universal para aprendizagem:

> [...] tem como objetivo auxiliar os educadores e demais profissionais a adotarem modos de ensino de aprendizagem adequados, escolhendo e desenvolvendo materiais e métodos eficientes, de forma que seja elaborado de forma mais justa e aprimorados para avaliar o progresso de todos os estudantes [...].

Na perspectiva do DUA, o mesmo material pode ser utilizado por todos os estudantes da sala de aula, de modo a beneficiar uns aos outros na compreensão dos conteúdos ensinados (Zerbato; Mendes, 2018, p. 150).

A partir desse conceito, a aplicação do DUA em sala de aula deve seguir os seguintes princípios (Sebastián-Heredero, 2020, p. 736):

- **Representação:** o "o que da aprendizagem", sendo as diferentes formas de receber a informação. Exemplo: Escrita, imagem, áudio e vídeo.
- **Engajamento:** o "o porquê da aprendizagem", sendo o motor emocional. Exemplo: Temas de interesse, desafios ajustados, colaboração.
- **Ação e Expressão:** o "o como da aprendizagem", sendo as maneiras de mostrar o que se sabe. Exemplo: Escrever, falar, desenhar e construir.

Seguindo esses princípios, juntamente com suas respectivas diretrizes (Cast, 2018), a sala de aula se torna um ambiente de igualdade e equidade, conforme Góes e Costa (2023, p. 32) escrevem:

> Com isso, produtos na concepção do DU e utilizados em abordagem do DUA não são apenas de uso exclusivo dos estudantes que necessitam deles ou em momentos individualizados em salas de apoio educacional, mas, sim, no ambiente natural da sala de aula, com todos os estudantes.
>
> Essa concepção proporciona um ambiente de aprendizagem com equidade, permitindo a socialização, independentemente de suas necessidades educacionais especializadas, efetivando a educação

> inclusiva, contribuindo para uma sociedade com equidade no cumprimento de seus direitos previstos em lei.

Diante desse contexto, esta proposta didática visa contribuir para o engajamento do estudante utilizando múltiplos recursos para transmissão das informações e atividades práticas que propiciam diferentes formas de expressão.

Tema transversal como apoio ao engajamento

Ao contextualizar o tema, a sala de aula se torna um ambiente de colaboração, pois cada estudante interage a partir de sua respectiva história de vida. Dessa forma, utilizar um tema transversal como apoio é essencial durante o aprendizado de matemática.

Segundo o Ministério da Educação (Brasil, 2019, p. 4):

> A abordagem da contemporaneidade é uma busca pela melhoria da aprendizagem. Ao contextualizar o que é ensinado em sala de aula juntamente com os temas contemporâneos, espera-se aumentar o interesse dos estudantes durante o processo e despertar a relevância desses temas no seu desenvolvimento como cidadão. O maior objetivo dessa abordagem é que o estudante conclua a sua educação formal reconhecendo e aprendendo sobre os temas que são relevantes para sua atuação na sociedade. Assim, espera-se que a abordagem dos Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) permita ao estudante compreender questões diversas, tais como cuidar do planeta, a partir do território em que vive; administrar o seu dinheiro; cuidar de sua saúde; usar as novas tecnologias digitais; entender e respeitar aqueles que são diferentes e quais são seus direitos e deveres como cidadão, contribuindo para a formação integral do estudante como ser humano, sendo essa uma das funções sociais da escola.

Além da contextualização fazer parte das diretrizes da BNCC, o Decreto Nº 6.286 (Brasil, 2007) estabelece a necessidade de abordar o tema "Saúde" durante as aulas da Educação Básica para os alunos da rede pública:

> Art. 1º Fica instituído, no âmbito dos Ministérios da Educação e da Saúde, o Programa Saúde na Escola - PSE, com finalidade de contribuir para a formação integral dos estudantes da rede pública de educação básica por meio de ações de prevenção, promoção e atenção à saúde.

Portanto, utilizar um tema contemporâneo transversal favorece efetivamente o engajamento do aluno aumentando, assim, seu interesse e participação durante as aulas.

Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)

De acordo com os autores Cibotto e Oliveira (2017), um ensino de qualidade requer uma interseção entre conteúdo, pedagogia e tecnologia. Conhecer apenas o conteúdo, as estratégias pedagógicas ou dominar as ferramentas digitais isoladamente não é suficiente para criar um ambiente de aprendizagem efetiva, pois é necessária a habilidade de escolher a melhor prática ou recurso a ser aplicado em determinado conteúdo curricular, favorecendo, portanto, a aprendizagem em sala de aula.

Dominar a tecnologia para o planejamento docente é essencial para proporcionar uma aprendizagem significativa que integra ferramentas tecnológicas ao conteúdo e às estratégias. Dessa forma, o professor precisa dominar ferramentas tecnológicas tradicionais (quadro, giz, livros, materiais físicos) e tecnologias avançadas (hardwares, internet, e-mails, e softwares de processamento de texto, apresentação, planilhas eletrônicas, entre outros). Com isso, o professor consegue fazer uma seleção crítica de ferramentas, identificando qual delas mais se adapta aos objetivos de aprendizagem.

Ao fazer uma integração entre conteúdo, pedagogia e tecnologia, o professor consegue favorecer as potencialidades "Affordances" (Cibotto; Oliveira, 2017, p. 17) e identificar as limitações dos recursos. Dessa forma, o docente deixa de ser apenas um aplicador com abordagens gerais para ser um "designer de currículo" (Cibotto; Oliveira, 2017, p. 17), o qual compreende o contexto em que o aluno está imerso, as preocupações dos pais e a comunidade escolar, proporcionando um processo fundamentado em objetivos educacionais claros em vez de utilizar algum recurso sem intencionalidade.

O TPACK permite que o professor faça uma seleção intencional das ferramentas tecnológicas, crie diferentes maneiras de representação de um conteúdo, facilite a compreensão de conteúdos complexos e favoreça o contexto da sala de aula. Por isso, utilizar ferramentas de medição e tecnologias audiovisuais nessa proposta pedagógica foi essencial para a conexão entre o conteúdo, a pedagogia e a tecnologia.

Contribuição pedagógica

Essa estratégia pedagógica contextualizou o ensino da matemática, pois demonstrou a aplicabilidade real na saúde pública, promoveu a prevenção

de agravos à saúde e contribuiu para a constituição de condições para a formação integral de educandos, conforme os objetivos do PSE, os princípios do DUA e a tríade de conhecimento do TPACK. Dessa forma, os alunos não apenas dominaram os conceitos algébricos propostos, mas também desenvolveram a consciência crítica sobre sua própria saúde e o papel da matemática na interpretação de fenômenos cotidianos.

Como tudo aconteceu

A partir da notícia "Obesidade infantil atinge 1 em cada 12 adolescentes em Sergipe" (HU-UFS, 2023) publicada pelo governo federal em 2023 e algumas perguntas relacionadas ao tema, os alunos refletiram e levantaram hipóteses sobre as causas, as consequências e hábitos pessoais relacionadas à obesidade. Foi uma troca de experiência muito gratificante, pois os alunos trouxeram os próprios contextos familiares, associaram o tema a outras notícias e descreveram pessoas públicas que eles acompanham nas redes sociais. O interessante foi que eles também conseguiram relacionar o tema "Obesidade" com as canetas emagrecedoras, polêmica atual em destaque nos noticiários. Desse modo, elaboramos uma tabela na lousa com as informações discutidas, registrando as falas dos estudantes como forma de "ação e expressão", um dos princípios do DUA.

Para trazer veracidade ao que foi debatido em sala de aula, foram apresentados dois vídeos explicativos, feitos por Varella (2017; 2018), sobre o tema. Para finalizar, foi feita uma comparação das falas do doutor com as informações registradas na tabela elaborada pelos alunos e com outra tabela que fiz previamente com informações adicionais. Esse momento foi essencial para que os alunos identificassem o que sabiam ou não sobre o tema. Além disso, essa estratégia estava relacionado ao princípio da "representação" do DUA, pois foram articuladas diferentes linguagens e mídias aos conhecimentos tecnológicos e pedagógicos previstos pelo TPACK.

Dando continuidade à proposta, instiguei os alunos a pensarem como os médicos calculam a gordura corporal. Para isso, fiz algumas perguntas norteadoras com intenção de começarmos uma reflexão sobre as maneiras de obter essas informações com o objetivo de relacionar com o tema da aula, "Potenciação e Radiciação". Essa outra reflexão foi muito importante para relacionar a discussão com o conteúdo curricular proposto, pois os alunos não tinham ciência de que podíamos usar cálculos matemáticos para fazer essa medição. Para a maioria deles, calcular a gordura corporal só era possível por meio de exames laboratoriais. Desse modo, consegui despertar a curiosidade

sobre os índices utilizados nessa situação, facilitando a apresentação das fórmulas utilizadas e as tabelas para qualificar o resultado.

Após toda a formalização de conceitos, solicitei que os alunos medissem o peso, a altura e a circunferência do quadril, informações essenciais para calcular o IMC, IAC e o RIP. Neste momento, expliquei como deveriam fazer as medições e disponibilizei as ferramentas (balança e fita métrica) para que eles mesmos fizessem a verificação. Assim, incentivou-se o trabalho em equipe, pois enquanto um aluno fazia as medições, o outro registrava as informações no caderno para cálculo do IMC, IAC e o RIP. Essa prática "mão na massa" foi a etapa que eles mais gostaram, pois eles ficaram ansiosos para saber o próprio estado de saúde. No começo, os alunos estavam tímidos, principalmente aqueles acima do peso, porém, após alguns deles fazerem as medições, os demais se engajaram para participar também.

Após as medições e os cálculos individuais realizados no caderno, os alunos analisaram os resultados com base nas tabelas qualitativas de cada índice e identificaram em qual faixa de classificação se encontravam: baixo peso, peso normal, sobrepeso ou obesidade (graus I, II e III). A atividade possibilitou uma reflexão crítica sobre a gordofobia. A análise permitiu compreender que índices tanto acima quanto abaixo da faixa considerada normal podem estar associados a questões de saúde e demandar atenção, sem que qualquer característica corporal justifique comportamentos hostis ou estigmatizantes. Desse modo, a discussão contribuiu para ressignificar atitudes entre os estudantes e fortalecer o respeito mútuo na turma.

Por fim, propus que eles fizessem um diário de bordo sobre o que aprenderam em sala de aula. Esta etapa foi essencial para formalizarem os conceitos aprendidos e para que eu verificasse se os objetivos da aula foram alcançados.

Processo Metodológico

1. Apresentação do tema, do conteúdo e do objetivo da aula.
2. **Debate:** Sondagem de conhecimentos prévios dos alunos a partir de perguntas norteadoras e leitura de uma manchete jornalística sobre o tema "Obesidade" para contextualização inicial.

   Notícia: Obesidade infantil atinge 1 em cada 12 adolescentes em Sergipe
3. Elaboração de uma tabela na lousa com o objetivo de registrar os conhecimentos prévios dos alunos sobre as perguntas anteriores.

4. Validação dos conhecimentos prévios dos alunos a partir de dois vídeos feitos por Varella (2017, 2018), um profissional da área da saúde conhecido por eles.

   Vídeo: Obesidade: Doença ou Desleixo?

   Vídeo: Dr. Drauzio Varella explica as principais consequências da Obesidade Infantil.

5. Comparação das informações apresentadas pelos alunos com as informações dos vídeos por meio de uma tabela feita previamente pelo professor.
6. **Debate:** Reflexão sobre como aferir a obesidade com o objetivo de relacionar o contexto com o tema da aula por meio de perguntas norteadoras.
7. Apresentação dos cálculos matemáticos utilizados para aferir a obesidade.
8. Explicação sobre como calcular uma potenciação e uma radiciação.
9. **Mão na Massa:** medição do peso, da altura e da circunferência do quadril dos alunos, informações essenciais para calcular o IMC, IAC e o RIP.
10. **Autoavaliação:** Cálculo do IMC, do IAC e o do RIP dos alunos por meio das medidas aferidas por eles e análise dos resultados a partir das tabelas qualitativas de cada índice.
11. **Diário de Bordo:** Registros no caderno sobre o que os alunos aprenderam em aula.

Resultado

Essa experiência apenas reforçou a importância de criar um ambiente de aprendizagem que integre o conteúdo curricular, a pedagogia e a tecnologia, conforme o framework TPACK, alinhado aos princípios "representação", "engajamento", "ação e expressão" do DUA. Percebi que a aula tornou-se mais dinâmica, resultando na participação mais efetiva dos alunos, pois, além de protagonizarem o próprio aprendizado, a aula proporcionou uma formação cidadã sob o aspecto dos cuidados com a saúde. Além disso, ficou evidente que o papel do professor não é o de disseminador de informação, mas o de mediador do conhecimento e promotor de uma consciência crítica sobre o corpo e o mundo. Saio desta prática mais convicto

de que as metodologias ativas, quando bem estruturadas, transformam a sala de aula em um ambiente de descoberta, empatia e crescimento coletivo.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base. Acesso em: 30 mai. 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Temas Contemporâneos Transversais na BNCC:** proposta de diretrizes de implementação. Brasília, DF: MEC/SEB, 2019. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/guia_pratico_temas_contemporaneos.pdf. Acesso em: 30 mai. 2026.

BRASIL. [Presidência da República]. Decreto nº 6.286, de 5 de dezembro de 2007. **Institui o Programa Saúde na Escola - PSE, e dá outras providências**. Brasília, DF: Presidência da República, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6286.htm. Acesso em: 30 mai. 2026.

CAST. **Diretrizes do DUA**. 2018. Disponível em: https://udlguidelines.cast.org/static/udlg3-graphicorganizer-digital-numbers-a11y-portuguese-brazil.pdf. Acesso em: 11 jun. 2026.

CIBOTTO, Rosefran Adriano Gonçales; OLIVEIRA, Rosa Maria Moraes Anunciato. TPACK - Conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo: uma revisão teórica. **Imagens da Educação**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 11-23, 2017. Disponível em: http://doi.org/10.4025/imagenseduc.v7i2.34615. Acesso em: 23 jun. 2026.

GÓES, A. R. T.; COSTA, P. K. A. (Orgs.). **Desenho Universal e Desenho Universal para Aprendizagem:** fundamentos, práticas e propostas para Educação Inclusiva. São Carlos: Pedro & João Editores, 2023.

HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE (HU-UFS). **Obesidade infantil atinge 1 em cada 12 adolescentes em Sergipe**. Gov.br, Brasília, DF, 28 mar. 2023. Notícias. Disponível em: https://www.gov.br/hubrasil/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-nordeste/hu-ufs/comunicacao/noticias/obesidade-infantil-atinge-1-em-cada-12-adolescentes-em-sergipe. Acesso em: 12 mar. 2026.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Material Digital: Matemática** – 1º Bimestre – 1ª Série – Ensino Médio – Aula 6: Radiciação

com números racionais. São Paulo: SEDUC-SP, 2026. Disponível em: https://repositorio.educacao.sp.gov.br/. Acesso em: 30 mai. 2026.

SEBASTIÁN-HEREDERO, E. Diretrizes para o desenho universal para a aprendizagem (DUA). **Revista Brasileira de Educação Especial**, Bauru, v. 26, n. 4, p. 733-768, out./dez., 2020.

VARELLA, Drauzio. Dr. Drauzio Varella explica as principais consequências da Obesidade Infantil. São Paulo: Canal Qualicorp, 17 jul. 2017. 1 vídeo (3 min 8 seg). Publicado pelo canal Qualicorp. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=zWt-Ug5zpKc. Acesso em: 12 mar. 2026.

VARELLA, Drauzio. OBESIDADE | Drauzio Comenta #95. Direção: Drauzio Varella. São Paulo: Canal Drauzio Varella, 9 jul. 2018. 1 vídeo (4 min 40 seg). Publicado pelo canal Drauzio Varella. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=eUwSZZF5-eI. Acesso em: 12 mar. 2026.

ZERBATO, A. P.; MENDES, E. G. Desenho Universal para a aprendizagem como estratégia de inclusão escolar. **Revista Educação Unisinos**, v. 22, n. 2, p. 147-155, 2018. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/pdf/edunisinos/v22n2/2177-6210-edunisinos-22-02-147.pdf. Acesso em: 11 jun. 2026.

APÊNDICE A – Telas do Material Digital (SEDUC-SP) utilizadas na Sequência Didática

Figura 1: Tela de contextualização inicial e leitura de manchete sobre a incidência de obesidade infantil e juvenil em Sergipe.

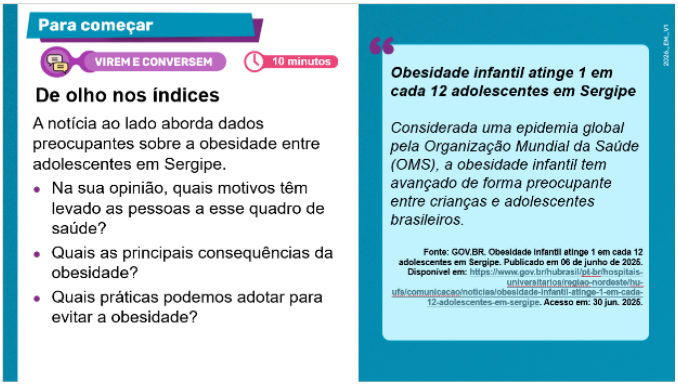


Figura 2: Quadro em branco utilizado na lousa para registro dos conhecimentos prévios e levantamento de hipóteses dos estudantes.

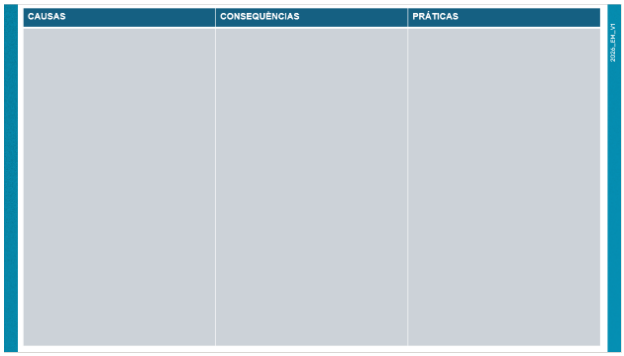


Figura 3: Apresentação dos recursos audiovisuais do Dr. Drauzio Varella utilizados para validação das reflexões da turma.

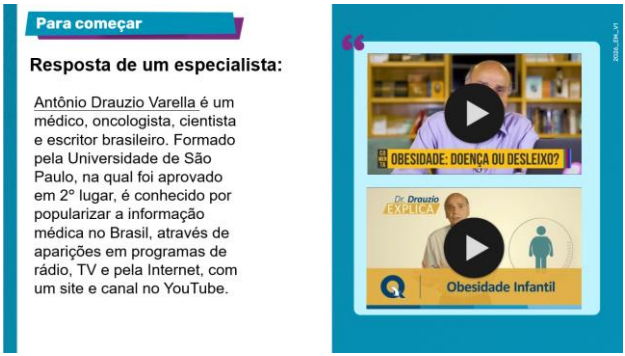


Figura 4: Tabela sintética de causas, consequências e práticas de prevenção à obesidade elaborada para sistematização das ideias.

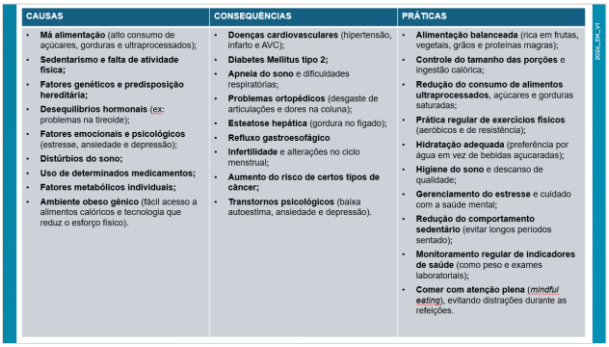


Figura 5: Questão norteadora para introdução da necessidade dos cálculos matemáticos de aferição da gordura corporal.

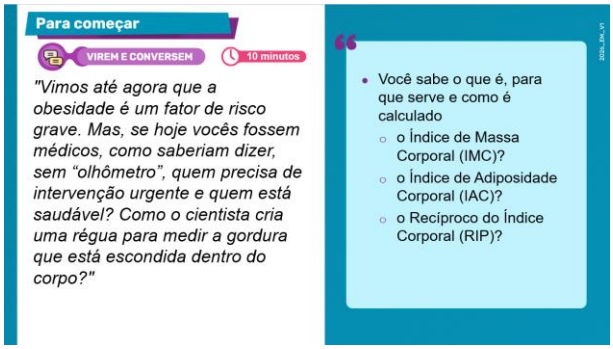


Figura 6: Apresentação conceitual e fórmula algébrica do Índice de Massa Corporal (IMC).

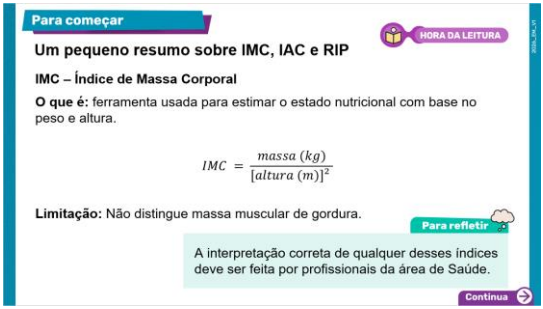


Figura 7: Apresentação conceitual e fórmula com raiz quadrada para o Índice de Adiposidade Corporal (IAC).

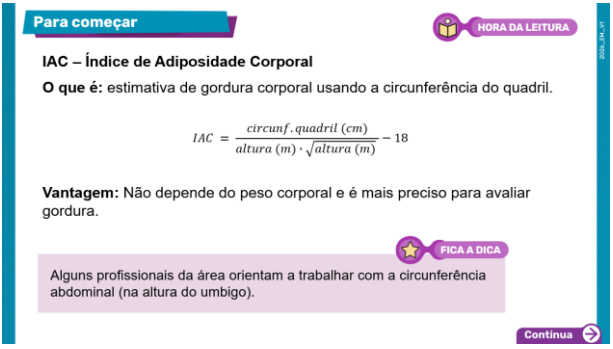


Figura 8: Apresentação conceitual e fórmula com raiz cúbica para o Recíproco do Índice Ponderal (RIP).

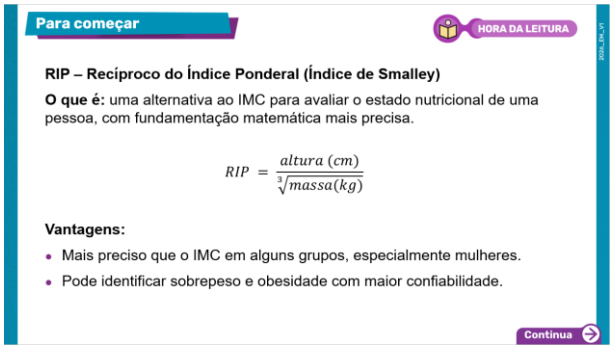


Figura 9: Formalização dos elementos constitutivos da operação de radiciação e sua relação de inversão com a potenciação.

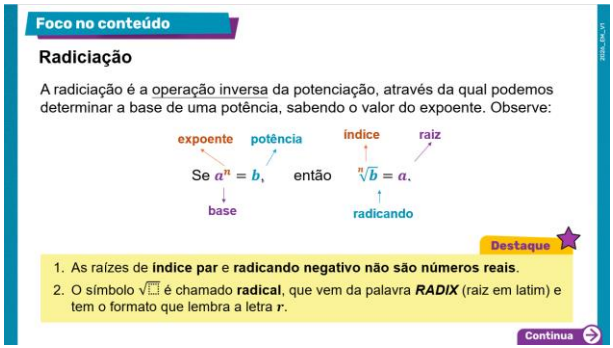


Figura 10: Exemplos práticos de cálculos de radiciação com números racionais e propriedades dos radicais.

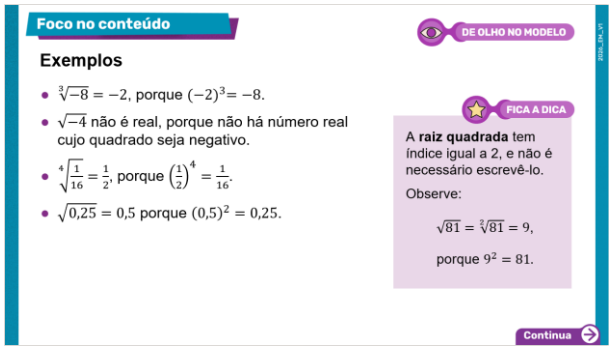


Figura 11: Tabela de referência qualitativa e intervalos de classificação do Índice de Massa Corporal (IMC).

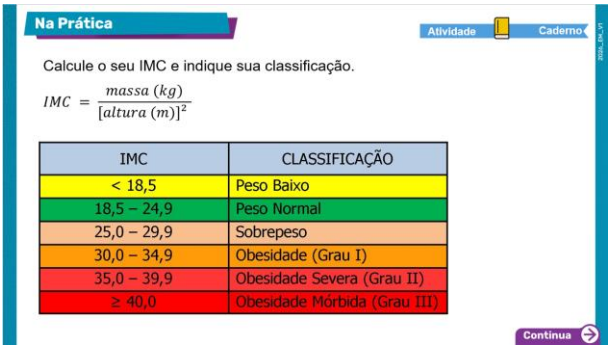


Figura 12: Valores de referência e classificação por gênero do Índice de Adiposidade Corporal.

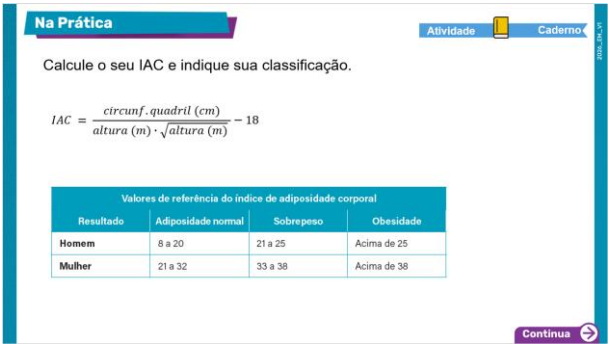
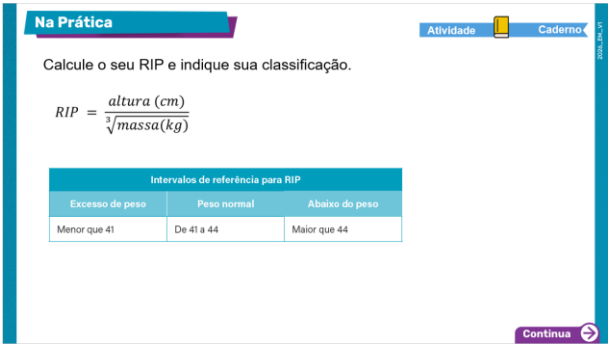


Figura 13: Intervalos de referência para classificação nutricional do Recíproco do Índice Ponderal (RIP).



Fonte: Elaborado pelos autores com base em adaptações do Material Digital de Matemática da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (São Paulo, 2026).

Forame Oval Patente e Acidente Vascular Cerebral Criptogênico: Atualizações Diagnósticas e Terapêuticas para a Prática de Enfermagem

***Andressa Cristina de Azevedo Barbosa*[1]**
***Letícia de Lima Souza*[2]**

1. Introdução

O forame oval patente (FOP) é um remanescente da circulação fetal, caracterizado pela fusão incompleta entre o septum primum e o septum secundum. Trata-se de uma condição anatômica prevalente, presente em cerca de 20% a 25% da população adulta. Embora, na maioria dos casos, o FOP seja uma condição benigna e assintomática, sua persistência pode permitir a passagem de sangue e detritos do átrio direito para o esquerdo por meio de um shunt, o que gera repercussões clínicas significativas.

A relevância clínica do FOP reside, primordialmente, em sua associação com a embolia paradoxal. O mecanismo envolve a passagem de trombos da circulação venosa para a arterial, podendo resultar em eventos graves, como o Acidente Vascular Cerebral (AVC) isquêmico criptogênico, especialmente em pacientes jovens (abaixo de 60 anos) sem outros fatores de risco cardiovasculares tracionais. Estima-se que o FOP esteja presente em até 40% a 50% dos pacientes que sofrem AVC sem causa aparente. Além do AVC, a condição está associada a enxaquecas com aura, hipoxemia e doenças compressivas em mergulhadores.

Um obstáculo crítico no manejo desta condição é o subdiagnóstico, que frequentemente ocorre devido à natureza assintomática do FOP até a manifestação de um evento isquêmico. A falha na identificação precoce ou o insucesso em correlacionar o FOP à etiologia do primeiro evento isquêmico eleva drasticamente o risco de AVCs secundários, também conhecidos como AVCs recorrentes.

Estudos clínicos recentes demonstram que, quando o AVC é atribuído ao FOP, a intervenção por fechamento percutâneo reduz significativamente as

[1] Mestranda em Ciência de Dados em Saúde. Docente do Curso de Enfermagem – Universidade São Francisco. *E-mail:* zandressaazevedo@gmail.com.
[2] Graduada em Enfermagem. Enfermeira – Hospital Novo Atibaia. *E-mail*: leticialimasouza842@gmail.com.

taxas de novos eventos embólicos em comparação ao tratamento medicamentoso isolado, evidenciando que a precisão diagnóstica é o fator que interrompe o ciclo de recorrências isquêmicas.

Para mitigar esses riscos, avanços diagnósticos têm permitido uma estratificação de risco rigorosa por meio do Escore RoPE (Risk of Paradoxical Embolism) e da classificação PASCAL, que auxiliam a equipe de saúde a determinar se o FOP é a causa provável do evento ou apenas um achado acidental. A utilização de exames como o Doppler Transcraniano (DTC) com teste de microbolhas e o Ecocardiograma Transesofágico (ETE) é fundamental para detalhar características anatômicas de alto risco, como o aneurisma do septo atrial e a magnitude do shunt.

Neste cenário, a atuação da equipe de enfermagem assume um papel central e multifacetado no cuidado integral ao paciente. O enfermeiro é essencial desde a fase da triagem e auxílio diagnóstico até o monitoramento rigoroso no período pós-operatório, visando à prevenção de complicações como arritmias atriais, hematomas e tromboembolismo venoso. Portanto, uma assistência de enfermagem qualificada, baseada em evidências científicas e protocolos sistematizados, é um pilar indispensável para garantir a segurança do paciente, promover a educação em saúde e assegurar a eficácia da prevenção secundária.

O objetivo deste trabalho é analisar as atualizações mais recentes no diagnóstico e no manejo terapêutico do FOP, com ênfase nas implicações clínicas dessa condição para a saúde cardiovascular e neurológica dos pacientes, no contexto dos cuidados de enfermagem. O estudo busca relatar um caso clínico, ilustrando a complexidade do diagnóstico e do tratamento do FOP, e destacando a atuação da enfermagem no acompanhamento de pacientes diagnosticados com essa condição, especialmente nos cuidados pós-operatórios e na monitorização de complicações. O trabalho também visa explorar as opções terapêuticas mais eficazes, como o fechamento percutâneo, e discutir os métodos diagnósticos utilizados, com ênfase em abordagens de enfermagem para garantir a realização adequada dos exames e acompanhamento contínuo do paciente. Além disso, será discutida a importância do diagnóstico precoce e da assistência de enfermagem preventiva, que visa à redução de riscos e complicações associadas ao FOP, promovendo a qualidade de vida dos pacientes e um cuidado integral.

2. Referencial Teórico

2.1. Definição e Embriologia do Forame Oval Patente

O Forame Oval Patente (FOP) é um remanescente da circulação fetal, definido tecnicamente como a "falência anatômica da fusão dos septos

'primum' e 'secundum' na região da fossa oval" (Boletim Informativo - Hemodinâmica e Cardiologia Invasiva, 2016). Durante o desenvolvimento intrauterino, essa estrutura funciona como uma fenda essencial que permite ao sangue oxigenado proveniente da placenta desviar-se dos pulmões ainda não funcionais, passando diretamente do átrio direito para o esquerdo (Gomes *et al*., 2021) .

Após o nascimento, o aumento da pressão no átrio esquerdo e a redução da resistência vascular pulmonar promovem o fechamento funcional imediato desta abertura. Embora a fusão anatômica permanente ocorra na maioria dos indivíduos, o FOP persiste como um "remanescente embriológico presente em 20% a 25% da população normal"(Boletim Informativo - Hemodinâmica e Cardiologia Invasiva, 2016) . Estudos de autópsia indicam que sua prevalência declina com o envelhecimento, variando de cerca de 34% nas primeiras décadas de vida para aproximadamente 20% em indivíduos com mais de 80 anos (Hara *et al*., 2005).

2.2. Fisiopatologia: O Mecanismo da Embolia Paradoxal

A principal complicação clínica associada à persistência do forame oval é a embolia paradoxal (Netto; Otto, 2024). Esse fenômeno patológico ocorre quando "as pressões no átrio direito aumentam e criam um gradiente transitório de pressão com o átrio esquerdo, permitindo a passagem de sangue e outras 'substâncias' do circuito venoso para a circulação sistêmica". Este mecanismo permite que trombos originados no sistema venoso profundo ignorem o filtro capilar pulmonar e acessem diretamente a circulação arterial cerebral ou sistêmica (Boletim Informativo - Hemodinâmica e Cardiologia Invasiva, 2016). A literatura destaca que a "possibilidade de shunt da direita para esquerda pelo forame oval é causa potencial de embolia paradoxal", sendo o principal fator etiológico em pacientes jovens que sofrem eventos isquêmicos sem os fatores de risco cardiovasculares tradicionais. Além do Acidente Vascular Cerebral (AVC), o FOP está associado a outras condições clínicas, como a enxaqueca com aura, síndrome de platipneia-ortodeoxia e doença descompressiva em mergulhadores, devido à passagem de bolhas de nitrogênio pelo shunt (Boletim Informativo - Hemodinâmica e Cardiologia Invasiva, 2016).

2.3. Relação com o AVC Criptogênico e Escores de Risco

O FOP possui uma correlação epidemiológica robusta com o AVC de causa indeterminada (criptogênico). Estima-se que a patência esteja presente em cerca de "40% a 50% dos casos de AVC onde a causa inicial permanece indeterminada"(Gomes *et al*., 2021). Para diferenciar se o FOP identificado é

a causa provável do evento ou apenas um achado acidental, a comunidade científica desenvolveu ferramentas de estratificação como o Escore RoPE (Risk of Paradoxical Embolism) (Thaler *et al*., 2013). Este sistema de classificação possibilita uma "melhora da caracterização do AVCi relacionado ao FOP utilizando um escore de risco clínico", que pontua favoravelmente a idade jovem e a ausência de comorbidades como hipertensão, diabetes e tabagismo. Pontuações elevadas (≥ 7) indicam uma alta probabilidade de o AVC ser atribuível ao FOP. Adicionalmente, a classificação PASCAL integra o escore RoPE às características anatômicas de alto risco, como o aneurisma do septo atrial, para categorizar a causalidade como provável, possível ou improvável (Rahman *et al*., 2026).

2.4. Tratamento e Prevenção de Recorrências

O subdiagnóstico do FOP após um evento isquêmico inicial eleva drasticamente o risco de AVCs secundários (Caso *et al*., 2024). Grandes ensaios clínicos randomizados, como RESPECT, REDUCE e CLOSE, comprovaram que o "fechamento percutâneo do forame oval patente é seguro e eficaz como profilaxia secundária para acidente vascular cerebral isquêmico" (Oliveira; Barbosa, 2022), demonstrando superioridade estatística em relação à terapia medicamentosa isolada na prevenção de recidivas (Saver *et al*., 2017).

A decisão pelo fechamento baseia-se na identificação de FOP de alto risco, definido por critérios anatômicos específicos detectados via ecocardiograma transesofágico(Netto; Otto, 2024):

- Aneurisma do Septo Atrial (ASA): Hipermobilidade septal com excursão ≥ 10 mm.
- Magnitude do Shunt: Passagem de grande volume de microbolhas (geralmente > 20 ou 30 bolhas) para o átrio esquerdo durante manobra de Valsalva.
- Características do Túnel: Extensão do túnel ≥ 10 mm e abertura (altura) > 2 mm, o que favorece a estase sanguínea local.

2.5. O Papel da Enfermagem no Cuidado Integral

A enfermagem constitui o pilar central para a segurança e o sucesso terapêutico do paciente. Conforme estabelecido pelas normativas éticas, a "Enfermagem é uma ciência, arte e uma prática social, indispensável à organização e ao funcionamento dos serviços de saúde"(Conselho Federal de Enfermagem, 2017) . No manejo do FOP, a atuação do enfermeiro visa

"minimizar a incapacidade funcional e evitar complicações secundárias"(Chagas *et al*., 2024), intervindo em todas as etapas, desde a triagem com escalas como Cincinnati e NIHSS até o acompanhamento pós-operatório (Alves *et al*., 2024).

O enfermeiro é responsável por "coordenar e capacitar sua equipe através de orientações técnicas e auxiliares"(Moraes, 2024) para garantir a monitorização rigorosa de sinais vitais e a detecção precoce de complicações pós-implante de prótese, como hematomas no sítio de punção femoral e a ocorrência de Fibrilação Atrial (FA) (Régis; Dalla Rosa; Lunelli, 2017). Assistência preventiva, fundamentada na Sistematização da Assistência de Enfermagem (SAE) e no Processo de Enfermagem, é essencial para organizar o cuidado e assegurar a adesão à terapia antiplaquetária dupla (DAPT) no período de endotelização da prótese (1 a 6 meses)(Dias; Freire; Saganski, 2022). Além do monitoramento técnico, a enfermagem exerce um papel educativo crucial, orientando o paciente e a família sobre o reconhecimento de sinais de alerta e o controle de fatores de risco, sendo esta a estratégia fundamental para interromper o ciclo de novos eventos isquêmicos e promover a reabilitação funcional.

3. Metodologia

3.1. Tipo de Estudo e Abordagem

Este trabalho caracteriza-se como uma Revisão Integrativa da Literatura (RIL), método que permite a síntese de múltiplos estudos publicados e a incorporação de resultados significativos na prática clínica (Dias; Freire; Saganski, 2022). O estudo seguiu as seis etapas preconizadas por ganong: 1) elaboração da questão de pesquisa; 2) busca na literatura; 3) coleta de dados; 4) análise crítica; 5) interpretação dos resultados; e 6) apresentação da revisão.

3.2. Elaboração da Pergunta Norteadeira

Para guiar a busca, utilizou-se a estratégia PICO/PICo (P-População; I-Interesse; Co-Contexto), resultando na seguinte questão: Quais as atualizações no manejo do FOP e como o enfermeiro pode atuar na prevenção de complicações e AVCs secundários? (Moraes, 2024).

3.3. Estratégia de Busca e Coleta de Dados

O levantamento bibliográfico foi realizado nas bases de dados PubMed (National Library of Medicine), BVS (Biblioteca Virtual em Saúde),

SciELO (Scientific Electronic Library Online), BDENF (Base de Dados de Enfermagem) e LILACS. Foram utilizados os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e MeSH Terms: "Forame Oval Patente", "Acidente Vascular Cerebral", "Cuidados de Enfermagem" e "Cardiologia".

3.4. Critérios de Elegibilidade

Adotou-se o seguinte recorte:

- Critérios de Inclusão: Artigos originais, relatos de caso e revisões publicados entre 1988 e 2023, disponíveis na íntegra, nos idiomas português e inglês, que abordassem especificamente o diagnóstico, manejo terapêutico (incluindo o fechamento percutâneo) e a assistência de enfermagem ao paciente com FOP.
- Critérios de Exclusão: Teses, dissertações, livros, textos sem rigor acadêmico ou que não respondiam à pergunta norteadora.

3.5. Coleta, Análise de Dados e Relato de Caso

Os estudos selecionados foram organizados em planilhas para extração de dados (título, autores, ano, objetivos, métodos e resultados principais). A análise foi conduzida de forma qualitativa e descritiva, utilizando a síntese narrativa para integrar as evidências.

Complementarmente, a metodologia inclui o relato de um caso clínico para ilustrar a aplicação prática da assistência. A coleta de dados do caso baseou-se na análise de prontuário, anamnese e histórico de enfermagem, visando à aplicação da Sistematização da Assistência de Enfermagem (SAE) e do Processo de Enfermagem (PE) em suas cinco etapas clássicas: coleta de dados, diagnóstico, planejamento, implementação e avaliação.

3.6. Rigor Ético

Por se tratar de uma revisão bibliográfica e relato de caso com dados secundários, o estudo respeitou os princípios da Resolução Cofen nº 564/2017, garantindo a fidedignidade das citações e o sigilo de informações sensíveis do paciente no relato de caso.

4. Discussão

Os achados desta revisão reforçam a importância do Forame Oval Patente (FOP) como um fator etiológico central no Acidente Vascular

Cerebral Isquêmico (AVCI) criptogênico, especialmente em indivíduos jovens abaixo de 60 anos e sem os fatores de risco cardiovasculares tradicionais. Embora o FOP seja um remanescente embriológico presente em cerca de 25% da população adulta, sua associação com a embolia paradoxal — na qual trombos venosos atravessam o shunt direita-esquerda para a circulação sistêmica — exige uma investigação rigorosa após um evento isquêmico inicial. A literatura aponta que o FOP é identificado em aproximadamente 40% a 50% dos casos de AVC sem causa definida, sublinhando a necessidade de transitar do diagnóstico de "criptogênico" para "embolic relacionado ao FOP" quando a associação é confirmada.

A diferenciação entre um FOP incidental e um causal foi aprimorada pela introdução de ferramentas de estratificação como o Escore RoPE e a classificação PASCAL. O escore RoPE, ao pontuar a idade jovem e a ausência de comorbidades como hipertensão e diabetes, permite prever a probabilidade de o FOP ser o responsável pelo AVC; pontuações 7 indicam uma forte correlação causal. Complementarmente, a classificação PASCAL integra esses dados clínicos às características anatômicas de alto risco, como o Aneurisma do Septo Atrial (ASA) (excursão 10 mm) e o shunt de grande magnitude (ou 30 microbolhas), permitindo uma decisão terapêutica mais precisa.

No âmbito diagnóstico, a sensibilidade superior do Doppler Transcraniano (DTC) (96%) para a triagem inicial de shunt destaca-se em relação ao ecocardiograma transtorácico convencional. Contudo, o Ecocardiograma Transesofágico (ETE) permanece como o padrão-ouro para o detalhamento anatômico, sendo essencial para medir o comprimento do túnel (10 mm) e a abertura das lâminas (mm), fatores que predispõem à estase sanguínea e formação de trombos locais.

Quanto ao tratamento, os grandes ensaios clínicos RESPECT, REDUCE e CLOSE demonstraram que o fechamento percutâneo do FOP associado à terapia antiplaquetária é significativamente superior ao tratamento medicamentoso isolado na prevenção de recidivas isquêmicas. A intervenção reduz o risco de novos eventos de aproximadamente 5% para cerca de 2%, consolidando-se como a estratégia de escolha para a prevenção secundária em pacientes criteriosamente selecionados. Nesse contexto, o subdiagnóstico é identificado como um risco crítico, pois a falha em identificar o FOP como etiologia do primeiro AVC impede o tratamento definitivo, elevando a chance de AVCs secundários (recorrências) que poderiam ser evitados com a oclusão tempestiva.

A atuação da equipe de enfermagem é um pilar estratégico na coordenação desse cuidado complexo. O enfermeiro desempenha papel

fundamental desde o auxílio na realização de exames contrastados com microbolhas, garantindo a execução correta da manobra de Valsalva para evitar resultados falso-negativos, até o monitoramento hemodinâmico no período pós-operatório. A vigilância contínua para a detecção de Fibrilação Atrial (FA) no pós-operatório — que ocorre em 3% a 5% dos casos, geralmente nos primeiros 45 dias — é uma atribuição essencial da enfermagem para mitigar riscos imediatos.

A experiência assistencial e o uso da Sistematização da Assistência de Enfermagem (SAE) permitem uma abordagem individualizada, focada não apenas nos aspectos técnicos, como o cuidado com o sítio de punção femoral, mas também na educação em saúde para a adesão à Terapia Antiagregante Plaquetária Dupla (DAPT) por 1 a 6 meses após o implante. Em suma, a assistência de enfermagem qualificada e preventiva é indispensável para romper o ciclo de recorrências gerado pelo subdiagnóstico, assegurando que o avanço tecnológico do fechamento percutâneo se traduza em segurança e qualidade de vida real para o paciente.

Diante disso, evidencia-se a urgência de investir na capacitação profissional e na implementação de protocolos assistenciais que integrem a "tríade neurovascular" (enfermagem, neurologia e cardiologia intervencionista), fortalecendo a atuação multiprofissional e garantindo uma linha de cuidado integral e resolutiva para o paciente com FOP.

Referências

ALVES, Fernanda Cristina Rosa *et al*. Assistência de enfermagem ao paciente com acidente vascular cerebral. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, [S.l.], v. 24, n. 11, p. e17500, 13 nov. 2024. Disponível em: https://acervomais.com.br/index.php/saude/article/view/17500. Acesso em: 24 jul. 2026.

BOLETIM INFORMATIVO - HEMODINÂMICA E CARDIOLOGIA INVASIVA. Forame Oval Patente: quando deve ser indicado seu fechamento? **Urgência 24 Horas**, [S.l.], ano 12, n. 34, jan./abr. 2016. Disponível em: https://www.hci.med.br/boletins/34166fc0a394dc49eb16debf50928534.pdf. Acesso em: 24 jul. 2026.

CASO, Valeria et al. European Stroke Organisation (ESO) Guidelines on the diagnosis and management of patent foramen ovale (PFO) after stroke. **European Stroke Journal**, [S.l.], v. 9, n. 4, p. 800-834, dez. 2024. Disponível em:

https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/23969873241247978. Acesso em: 24 jul. 2026.

CONSELHO FEDERAL DE ENFERMAGEM. **RESOLUÇÃO COFEN Nº 564/2017**. [*S.l.*]: Conselho Federal de Enfermagem, 6 nov. 2017. Disponível em: https://www.cofen.gov.br/resolucao-cofen-no-5642017/. Acesso em: 24 jul. 2026.

DIAS, Sylvia Carriel; FREIRE, Márcia Helena De Souza; SAGANSKI, Gabrielle Freitas. Fibrodisplasia ossificante progressiva em pediatria: revisão integrativa com foco na enfermagem. **Revista de Enfermagem e Atenção à Saúde**, [*S.l.*], v. 11, n. 1, 4 ago. 2022. Disponível em: https://seerhomologacao.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/enfer/article/view/5289. Acesso em: 3 jul. 2026.

GOMES, M. M. N. et al. Forame oval patente - revisão de literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 2578-2585, 2021. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/24417. Acesso em: 24 jul. 2026.

HARA, Hidehiko et al. Patent Foramen Ovale: Current Pathology, Pathophysiology, and Clinical Status. **Journal of the American College of Cardiology**, [S.l.], v. 46, n. 9, p. 1768-1776, 1 nov. 2005. Disponível em: https://www.jacc.org/doi/10.1016/j.jacc.2005.08.038. Acesso em: 24 jul. 2026.

MORAES, Larissa de. **Cuidado de enfermagem ao paciente neucrítico**. Chapecó, Santa Catarina, Brasil: Universidade Federal da Fronteira Sul, 25 set. 2024.

NETTO, Fernando Melo; OTTO, Maria Estefânia Bosco. Como Eu Faço Oclusão de Forame Oval Pérvio. **ABC Imagem Cardiovascular**, [*S.l.*], v. 37, n. 1, p. e20230103, 28 fev. 2024. Disponível em: https://doi.org/10.36660/abcimg.20230103. Acesso em: 24 jul. 2026.

OLIVEIRA, Edmundo Clarindo; BARBOSA, José Augusto Almeida. Estudo observacional transversal de pacientes submetidos à oclusão percutânea de forame oval patente: uma avaliação retrospectiva de 20 anos. **Journal of Transcatheter Interventions**, [*S.l.*], v. 30, 2022. Disponível em: https://jotci.org/pt-br/article/estudo-observacional-transversal-de-pacientes-submetidos-a-oclusao-percutanea-de-forame-oval-patente-uma-avaliacao-retrospectiva-de-20-anos/. Acesso em: 24 jul. 2026.

RAHMAN, Saeedur et al. Association between RoPE score and PFO grading on bubble echocardiography in cryptogenic stroke patients: a

retrospective cohort study. **Frontiers in Stroke**, [S.l.], v. 4, art. 1676220, 9 jan. 2026. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/stroke/articles/10.3389/fstro.2025.1676220/full. Acesso em: 24 jul. 2026.

RÉGIS, Adriana Pertile; DALLA ROSA, Grasiela Cabral; LUNELLI, Taís. Cuidados de enfermagem no cateterismo cardíaco e angioplastia coronariana: desenvolvimento de um instrumento. **Revista Recien - Revista Científica de Enfermagem**, [S.l.], v. 7, n. 21, p. 3-20, 2017. ISSN: 2358-3088. DOI: https://doi.org/10.24276/rrecien2358-3088.2017.7.21.3-20. Disponível em: https://www.recien.com.br/index.php/Recien/article/view/142. Acesso em: 24 jul. 2026.

SAVER, Jeffrey L. et al. Long-Term Outcomes of Patent Foramen Ovale Closure or Medical Therapy after Stroke. **The New England Journal of Medicine**, [S.l.], v. 377, p. 1022-1032, 14 set. 2017. Disponível em: https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1610057. Acesso em: 24 jul. 2026.

THALER, David E. et al. Neuroimaging findings in cryptogenic stroke patients with and without patent foramen ovale. **Stroke**, [S.l.], v. 44, n. 3, p. 675-680, mar. 2013. Disponível em: https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/STROKEAHA.112.677039. Acesso em: 24 jul. 2026.

Uso de ferramentas digitais e de gestão em Organizações da Sociedade Civil (OSCs) de pequeno porte: desafios e contribuições para a eficiência e o impacto social

Renan Hector Lima Henrique[1]
Orlando Leonardo Berenguel[2]

1 Introdução

A transformação digital tem se consolidado como um dos principais fatores de mudança no contexto organizacional, alterando processos, estruturas de gestão e formas de interação com diferentes públicos. A Tecnologia da Informação (TI), antes compreendida predominantemente como suporte operacional, passou a desempenhar papel estratégico na geração de valor, na organização de informações, na tomada de decisão e na inovação institucional. Embora esse fenômeno seja amplamente discutido no ambiente corporativo, seus impactos também se estendem às Organizações da Sociedade Civil (OSCs), especialmente àquelas voltadas à promoção de direitos, ao desenvolvimento social, à cultura, à educação e à assistência.

As OSCs desempenham papel relevante na sociedade ao atuarem em áreas nem sempre plenamente atendidas pelo poder público e ao desenvolverem ações voltadas ao interesse coletivo. No entanto, muitas dessas organizações, especialmente as de pequeno porte, operam com restrições orçamentárias, limitações de infraestrutura, equipes reduzidas e baixa disponibilidade de recursos técnicos. Tais condições impactam diretamente sua capacidade de gestão, organização documental, comunicação institucional e adoção de tecnologias digitais.

Nesse contexto, ferramentas digitais gratuitas, acessíveis ou de baixo custo podem contribuir para a eficiência administrativa, a transparência, a mobilização social e a continuidade das ações institucionais. Recursos como

[1] Graduado em Gestão da Tecnologia da Informação pela Faculdades de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC). *E-mail*: renanhectorlima@gmail.com
[2] Doutor em Ciências. Docente do Instituto Federal de São Paulo (IFSP) - Campus Bragança Paulista. *E-mail*: oberenguel@ifsp.edu.br

aplicativos de comunicação, armazenamento em nuvem, planilhas eletrônicas, formulários digitais, plataformas de reunião on-line e ferramentas de Inteligência Artificial passaram a integrar a rotina de muitas organizações. Entretanto, a simples disponibilidade dessas ferramentas não garante sua utilização estratégica, sendo necessário considerar fatores como capacitação, familiaridade dos usuários, segurança da informação, planejamento e adequação às necessidades institucionais.

A literatura sobre Gestão Estratégica de Tecnologia da Informação destaca que o alinhamento entre tecnologia e objetivos organizacionais é um fator relevante para o desempenho institucional. No caso das OSCs, esse alinhamento assume características específicas, pois essas organizações precisam conciliar o uso eficiente de recursos tecnológicos com suas finalidades sociais, suas limitações operacionais e sua necessidade de transparência. Além disso, práticas relacionadas à transformação digital, gestão da informação e uso de dados podem ampliar as possibilidades de planejamento, governança e tomada de decisão.

Apesar dessas possibilidades, a adoção de tecnologias digitais por OSCs de pequeno porte ainda enfrenta desafios. A falta de capacitação tecnológica, a dificuldade técnica, a resistência à mudança, a limitação de tempo e a ausência de planejamento estruturado podem restringir o uso estratégico das ferramentas digitais. Assim, compreender como essas organizações utilizam tais recursos permite identificar não apenas os benefícios percebidos, mas também as barreiras que dificultam uma transformação digital mais estruturada.

Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo analisar o uso de ferramentas digitais e de gestão por Organizações da Sociedade Civil de pequeno porte localizadas em municípios do Sul de Minas Gerais, buscando compreender suas contribuições para a organização interna, a gestão da informação, a transparência institucional e a ampliação do impacto social. O trabalho também busca identificar os principais desafios enfrentados pelas OSCs na adoção dessas tecnologias, contribuindo para a reflexão sobre o uso estratégico da TI no terceiro setor.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Gestão Estratégica de TI

A Gestão Estratégica da Tecnologia da Informação está relacionada à capacidade das organizações de alinhar seus recursos tecnológicos aos objetivos institucionais. Segundo Henderson e Venkatraman (1990), o

alinhamento estratégico entre TI e negócios é essencial para o desempenho organizacional, sendo representado pelo Strategic Alignment Model (SAM), que destaca a importância da integração entre estratégia de negócio, infraestrutura organizacional e estratégia de TI.

Nesse contexto, a tecnologia da informação deixa de ser apenas um suporte operacional e passa a desempenhar papel central na transformação organizacional, contribuindo para a eficiência dos processos e para a geração de valor. O uso estratégico da TI permite que as organizações utilizem dados e sistemas de forma integrada, favorecendo a tomada de decisão e o aprimoramento da gestão, especialmente em contextos com recursos limitados, como nas Organizações da Sociedade Civil (OSCs).

2.2 Business Intelligence e Transformação Digital

O avanço das tecnologias digitais introduziu um novo paradigma de gestão baseado em dados e conectividade. Para Davenport (2006), o uso de Business Intelligence (BI) e analytics possibilita às organizações compreender melhor seu ambiente e apoiar decisões estratégicas por meio da análise de dados. Segundo Westerman, Bonnet e McAfee (2014), a transformação digital vai além da adoção de tecnologias, representando uma mudança estrutural e cultural que impacta diretamente os processos organizacionais. Nesse sentido, a utilização de ferramentas digitais contribui para o aumento da eficiência, da transparência e da capacidade de inovação, especialmente em organizações de pequeno porte.

2.3 Ferramentas Digitais na Gestão Organizacional

As ferramentas digitais têm se consolidado como elementos fundamentais no apoio à gestão organizacional, especialmente no que se refere ao tratamento, armazenamento e uso da informação. No contexto das Organizações da Sociedade Civil (OSCs), essas ferramentas assumem papel ainda mais relevante, considerando a necessidade de otimização de recursos e melhoria da eficiência administrativa.

De acordo com Perfetto, Reis e Paletta (2023), as tecnologias da informação ocupam posição de destaque na sociedade contemporânea, sendo indispensáveis ao avanço científico, social e econômico. Nesse sentido, a informação digital torna-se um recurso estratégico, capaz de apoiar processos organizacionais e contribuir para a tomada de decisão.

A utilização de ferramentas digitais, como planilhas eletrônicas, sistemas de informação, plataformas de comunicação e armazenamento em

nuvem, permite maior organização dos dados, melhoria no fluxo informacional e ampliação da transparência institucional. Além disso, essas ferramentas facilitam o acesso à informação e promovem maior integração entre os membros das organizações.

Nesse sentido, os sistemas de informação assumem papel relevante no apoio às atividades gerenciais, pois possibilitam coletar, organizar, armazenar e disponibilizar informações úteis aos processos administrativos e decisórios (Laudon; Laudon, 2016). De forma complementar, Rezende e Abreu (2020) destacam que a Tecnologia da Informação, quando aplicada aos sistemas de informação organizacionais, pode contribuir para maior integração dos processos, melhoria da gestão e apoio à tomada de decisão.

2.4 Organizações da Sociedade Civil

As Organizações da Sociedade Civil (OSCs) possuem características próprias de gestão, pois atuam voltadas a finalidades sociais e não à obtenção de lucro. Segundo Drucker (1999), organizações sem fins lucrativos devem orientar suas ações a partir de sua missão institucional, buscando utilizar seus recursos de forma eficiente para alcançar resultados sociais.

No caso das OSCs de pequeno porte, essa gestão costuma ocorrer em contextos marcados por limitações financeiras, equipes reduzidas e baixa disponibilidade de recursos técnicos. Cukier (1996) destaca que a administração dessas organizações envolve desafios relacionados ao planejamento, controle e avaliação de resultados, especialmente quando há pouca estrutura formal de gestão.

Pereira (2001) também destaca que a gestão de organizações não governamentais exige instrumentos capazes de apoiar o planejamento, a organização interna, a sustentabilidade institucional e a transparência das ações desenvolvidas. Nesse contexto, o uso de tecnologias digitais pode contribuir para fortalecer práticas de gestão e ampliar a capacidade de atuação dessas organizações.

Pinho (2016) aponta que as novas mídias ampliam possibilidades de participação, interação e circulação de informações, aspecto relevante para organizações que dependem da mobilização de públicos, associados, voluntários e beneficiários.

Nesse cenário, as ferramentas digitais podem contribuir para a organização interna, comunicação, armazenamento de informações, prestação de contas e divulgação das ações institucionais. Entretanto, sua utilização estratégica depende do desenvolvimento de capacidades digitais, ou seja, de

conhecimentos e práticas que permitam às organizações utilizar a tecnologia de forma planejada e eficiente.

3 Metodologia

A pesquisa caracteriza-se como aplicada e predominantemente descritiva, apoiada em pesquisa bibliográfica e levantamento por questionário eletrônico. A coleta foi realizada por meio do Google Forms com gestores e representantes de OSCs localizadas na mesorregião do Sul de Minas Gerais, totalizando seis respostas válidas. Os dados quantitativos foram analisados por estatística descritiva simples, com frequências absolutas e relativas, enquanto as respostas discursivas foram interpretadas à luz da literatura sobre Gestão Estratégica de Tecnologia da Informação, transformação digital e gestão de OSCs.

4 Resultados

Esta seção apresenta os resultados obtidos por meio do formulário aplicado a Organizações da Sociedade Civil (OSCs) de pequeno porte localizadas em municípios do Sul de Minas Gerais. Ao todo, foram obtidas seis respostas válidas, permitindo uma análise exploratória sobre o uso de ferramentas digitais e de gestão, os benefícios percebidos, a adoção de Inteligência Artificial e os principais desafios enfrentados pelas organizações participantes.

4.1 Perfil das OSCs participantes

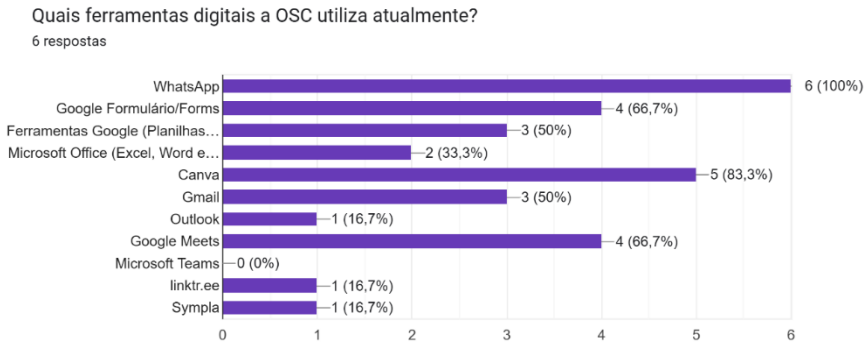
Participaram da pesquisa seis OSCs. Quanto à área de atuação, 50% atuam no campo dos direitos humanos, enquanto as demais se distribuem igualmente entre cultura, educação e atuação combinada em educação, assistência social e saúde, com 16,7% em cada categoria. Em relação ao número de pessoas envolvidas, 50% possuem entre 6 e 10 integrantes; 33,3% mais de 20 e 16; e 7% entre 11 e 20. Quanto ao tempo de existência, 50% atuam há mais de 10 anos; 33,3% entre 4 e 10 anos; e 16,7% entre 1 e 3 anos. Esses dados demonstram uma amostra composta por organizações de diferentes áreas, com predominância de entidades já consolidadas e estruturas reduzidas.

4.2 Uso de ferramentas digitais pelas OSCs

Em relação ao uso de ferramentas digitais, os dados apontam que o WhatsApp é utilizado por todas as organizações participantes, representando

100% da amostra. Também foram mencionadas ferramentas como Google Forms, Google Planilhas, Canva, Google Meet, Microsoft Office, Outlook, Linktree e Sympla.

Gráfico 1 – Ferramentas digitais utilizadas pelas OSCs



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

O predomínio do WhatsApp demonstra que a comunicação instantânea ocupa papel central na rotina das OSCs pesquisadas. Além disso, a presença de ferramentas gratuitas ou de fácil acesso, como Google Forms, Google Planilhas, Canva e Google Meet, reforça a importância de soluções digitais acessíveis para organizações com recursos financeiros limitados.

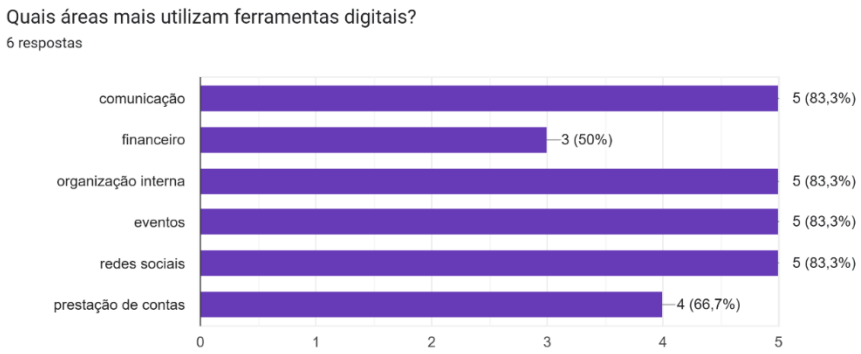
Os resultados demonstram a predominância de ferramentas gratuitas ou de fácil acesso, com destaque para o WhatsApp, utilizado por todas as organizações participantes. Quando questionadas sobre a ferramenta utilizada com maior frequência, 83,3% das OSCs indicaram o WhatsApp e 16,7% o Canva. Esses dados reforçam que a comunicação permanece como uma das principais dimensões da digitalização das organizações pesquisadas, com preferência por soluções acessíveis e já incorporadas ao cotidiano dos usuários.

Quanto ao armazenamento de documentos e informações importantes, 50% das organizações utilizam o Google Drive, 33,3% ainda recorrem a papel ou arquivo físico e 16,7% utilizam computador local. Os resultados demonstram a coexistência de práticas digitais e tradicionais de gestão da informação, indicando a necessidade de aprimoramento da organização, segurança, acessibilidade e preservação dos dados institucionais.

4.3 Contribuições das ferramentas digitais para a organização e gestão

Todas as OSCs participantes afirmaram que as ferramentas digitais ajudam muito na organização da entidade, demonstrando percepção positiva quanto à sua contribuição para a rotina institucional. Quanto às áreas de utilização, comunicação, organização interna, eventos e redes sociais foram mencionadas por 83,3% das organizações, prestação de contas por 66,7% e a área financeira por 50%, conforme apresentado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Áreas que mais utilizam ferramentas digitais nas OSCs



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Esses resultados mostram que o uso das ferramentas digitais está fortemente associado à comunicação e à organização operacional das entidades. No entanto, também se observa sua presença em atividades mais estruturantes, como prestação de contas e gestão financeira, ainda que em menor proporção.

4.4 Uso de Inteligência Artificial pelas OSCs

Quanto ao uso de Inteligência Artificial, 33,3% das OSCs afirmaram utilizar essas ferramentas regularmente, 33,3% ocasionalmente e 33,3% não utilizam. Dessa forma, dois terços das organizações empregam IA em algum grau. Entre as quatro organizações que responderam sobre ferramentas específicas, ChatGPT, Gemini e Canva AI foram mencionadas por 75% cada, enquanto Microsoft Copilot e Meta AI não foram citadas. Os resultados sugerem uma utilização ainda inicial da IA, principalmente em atividades relacionadas à produção textual, criação de materiais visuais e apoio à

comunicação institucional. Esse achado dialoga com o contexto de organizações que buscam soluções gratuitas, acessíveis e de fácil utilização.

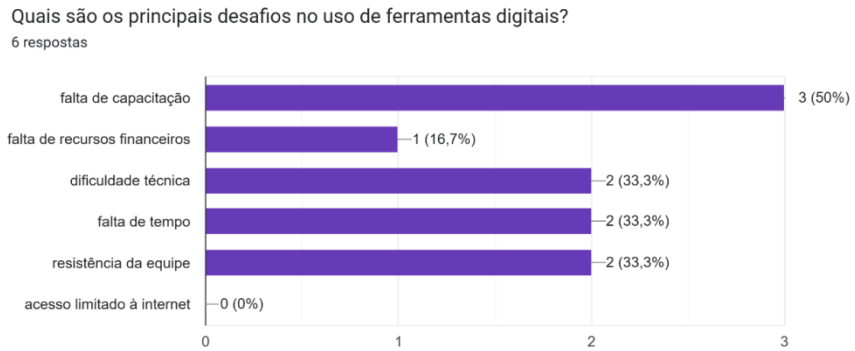
4.5 Tomada de decisão e uso das ferramentas digitais

A pesquisa também buscou compreender se as ferramentas digitais contribuem para a tomada de decisão das OSCs. Entre as quatro organizações que responderam à questão sobre a contribuição das ferramentas digitais para a tomada de decisão, todas assinalaram a opção “pouco”. O resultado deve ser interpretado com cautela devido ao número reduzido de respostas, mas indica que, embora as ferramentas sejam percebidas como úteis para a organização cotidiana, seu potencial para análise de dados, planejamento e tomada de decisão estratégica ainda é pouco explorado.

4.6 Desafios encontrados

Os principais desafios identificados no uso de ferramentas digitais foram a falta de capacitação, apontada por 50% das OSCs, seguida por dificuldade técnica, falta de tempo e resistência da equipe, cada uma mencionada por 33,3% das organizações. A falta de recursos financeiros foi citada por 16,7%, enquanto o acesso limitado à internet não foi apontado como desafio por nenhuma organização.

Gráfico 3 – Principais desafios no uso de ferramentas digitais



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A falta de capacitação foi o desafio mais mencionado, enquanto nenhuma organização indicou acesso limitado à internet como dificuldade.

Além disso, todas as seis OSCs participantes afirmaram nunca ter recebido capacitação em tecnologia. Em conjunto, os resultados indicam que a principal barreira à digitalização não está necessariamente no acesso às ferramentas ou à internet, mas no domínio técnico e na capacidade de incorporá-las de maneira estratégica à rotina institucional.

4.7 Discussão

O contexto nacional reforça a relevância dos resultados. Em 2024, o Brasil registrou 897.054 OSCs ativas, sendo 79% associações privadas (Ipea, 2025a). Além disso, mais de 80% não possuem vínculos formais de trabalho (Ipea, 2025b), cenário marcado por estruturas administrativas reduzidas que ajuda a compreender a relevância de ferramentas digitais gratuitas ou de baixo custo. Os resultados sugerem que a utilização das ferramentas digitais permanece mais associada à digitalização das rotinas organizacionais do que a uma transformação digital estruturada.

A predominância de ferramentas gratuitas ou de fácil acesso, como WhatsApp, Google Forms, Google Planilhas, Canva, Gmail, Google Drive e Google Meet, evidencia que as OSCs tendem a adotar soluções já conhecidas pelos seus membros e compatíveis com suas limitações financeiras. Esse cenário demonstra que o custo das ferramentas é um fator relevante, mas não é o único elemento que influencia a adoção tecnológica. A familiaridade dos usuários, a facilidade de uso e a disponibilidade de capacitação também interferem diretamente na escolha e na continuidade do uso dessas soluções.

A utilização de ferramentas digitais também pode fortalecer a prestação de contas e a transparência das OSCs, facilitando a organização de documentos e registros. Entretanto, esse benefício depende de processos internos definidos e de capacitação, aspecto especialmente relevante diante da ausência de formação tecnológica identificada entre as organizações participantes.

O uso de Inteligência Artificial também merece atenção. A utilização de ferramentas como ChatGPT, Gemini e Canva AI sugere que a IA tem sido empregada principalmente em atividades relacionadas à produção textual, criação de materiais visuais e apoio à comunicação institucional. Esse achado dialoga com o contexto de organizações que buscam soluções gratuitas, acessíveis e de fácil utilização. No entanto, o uso de IA para criar textos, publicações ou materiais gráficos pode gerar ganhos de produtividade, mas não substitui processos de gestão, análise crítica, organização de dados e planejamento.

Além disso, o uso dessas ferramentas exige cuidado com a veracidade das informações geradas, a revisão humana dos conteúdos, a proteção de dados pessoais e a adequação da linguagem à missão institucional da organização. Dessa forma, a IA aparece como uma possibilidade de apoio às atividades operacionais e comunicacionais das OSCs, mas ainda não como um instrumento consolidado de tomada de decisão, análise de dados ou planejamento estratégico.

Os dados sobre tomada de decisão reforçam essa interpretação. Embora as ferramentas digitais sejam percebidas como úteis para a organização cotidiana, sua contribuição para a tomada de decisão estratégica ainda parece limitada. Isso sugere que as OSCs utilizam ferramentas digitais principalmente para comunicação, organização e execução de atividades, mas ainda não exploram plenamente seu potencial para análise de dados, planejamento e gestão estratégica.

Soluções gratuitas também podem reduzir custos administrativos. A assinatura eletrônica do gov.br permite formalizar documentos digitalmente (Brasil, [s.d.]), enquanto o Google Drive oferece armazenamento em nuvem integrado ao limite de 15 GB das contas gratuitas do Google (Google, [s.d.]). Esses recursos podem apoiar a gestão documental das OSCs, embora apresentem limitações relacionadas à capacidade de armazenamento e à organização das informações.

Dessa forma, os resultados indicam que a transformação digital nas OSCs pesquisadas ainda ocorre de maneira gradual, prática e pouco estruturada. As ferramentas digitais estão presentes e são reconhecidas como importantes, mas seu uso permanece concentrado em atividades operacionais e comunicacionais. A ausência de capacitação tecnológica, apontada por todas as organizações participantes, reforça que o avanço da digitalização depende não apenas do acesso às ferramentas, mas também do desenvolvimento de capacidades digitais, planejamento institucional e apropriação estratégica da tecnologia.

Assim, a transformação digital nas OSCs exige a passagem gradual do uso informal para o uso institucional das tecnologias, por meio de práticas como organização documental, definição de responsáveis, segurança dos acessos, backup e capacitação. Dessa forma, as ferramentas digitais podem contribuir para a continuidade, transparência e fortalecimento da gestão.

5 Considerações finais

Este estudo teve como objetivo analisar o uso de ferramentas digitais e de gestão em Organizações da Sociedade Civil (OSCs) de pequeno porte,

buscando compreender suas contribuições para a eficiência administrativa, a gestão da informação e o impacto social. A partir dos dados coletados, observou-se que as OSCs participantes utilizam ferramentas digitais de forma significativa, especialmente em atividades de comunicação, organização interna, eventos, redes sociais, armazenamento de documentos e apoio à prestação de contas.

Os resultados demonstram que ferramentas como WhatsApp, Google Drive, Google Forms, Google Planilhas, Canva, Google Meet e recursos de Inteligência Artificial já fazem parte da rotina das organizações pesquisadas. No entanto, a análise também indica que esse uso ainda está mais associado à digitalização prática das atividades cotidianas do que a uma transformação digital estruturada. Em outras palavras, as ferramentas digitais estão presentes e são reconhecidas como importantes, mas ainda são utilizadas majoritariamente em atividades operacionais e comunicacionais, com baixa contribuição para a tomada de decisão estratégica.

Um dos principais achados da pesquisa foi a ausência de capacitação tecnológica entre as OSCs participantes. Esse dado reforça que o avanço da digitalização não depende apenas do acesso a ferramentas gratuitas ou de baixo custo, mas também do desenvolvimento de capacidades digitais, planejamento institucional, organização dos processos internos e apropriação estratégica da tecnologia. Assim, a falta de formação técnica pode limitar o potencial das ferramentas digitais para fortalecer a gestão, a transparência, a continuidade institucional e a ampliação do impacto social.

Conclui-se que a transformação digital nas OSCs pesquisadas ocorre de maneira gradual, prática e ainda pouco estruturada. Para que as ferramentas digitais deixem de ser apenas recursos de apoio cotidiano e passem a contribuir de forma mais estratégica para a gestão, é necessário investir em capacitação, padronização de processos, organização da informação e uso institucional das tecnologias. Dessa forma, o fortalecimento digital das OSCs pode contribuir não apenas para a eficiência administrativa, mas também para a sustentabilidade e profissionalização dessas organizações.

Como limitação, destaca-se que a pesquisa contou com seis respostas válidas, o que restringe a generalização dos resultados para o conjunto das OSCs brasileiras. Ainda assim, os dados permitem identificar tendências e desafios relevantes em organizações de pequeno porte no contexto do Sul de Minas Gerais. Para estudos futuros, recomenda-se ampliar o número de organizações participantes, incluir OSCs de diferentes regiões e investigar de forma mais aprofundada o uso de ferramentas específicas, como plataformas de gestão, armazenamento em nuvem, assinatura digital e recursos de Inteligência Artificial.

Referências

BRASIL. **Realizar a Assinatura Eletrônica de documentos**. Gov.br, Brasília, DF, [s.d.]. Disponível em: https://www.gov.br/pt-br/servicos/assinatura-eletronica. Acesso em: 18 jun. 2026.

CUKIER, Rosa. **Administração de organizações sem fins lucrativos**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 1996.

DAVENPORT, Thomas H. Competing on analytics. **Harvard Business Review**, Boston, jan. 2006.

DRUCKER, Peter F. **Administração de organizações sem fins lucrativos**: princípios e práticas. 4. ed. São Paulo: Pioneira, 1999.

GOOGLE. **Como seu armazenamento funciona no Google One**. Ajuda do Google One, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: https://support.google.com/googleone/answer/9004014?hl=pt-BR. Acesso em: 18 jun. 2026.

HENDERSON, James C.; VENKATRAMAN, N. **Strategic alignment: a model for organizational transformation via information technology**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology (MIT), 1990.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Brasil possui mais de 897 mil organizações da sociedade civil ativas**. Ipea, Brasília, DF, 5 fev. 2025a. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/categorias/45-todas-as-noticias/noticias/15591-brasil-possui-mais-de-897-mil-organizacoes-da-sociedade-civil-ativas. Acesso em: 18 jun. 2026.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **O perfil das Organizações da Sociedade Civil no Brasil***: 2016-2025*. Mapa das Organizações da Sociedade Civil, Brasília, DF, 2025b. Disponível em: https://bookdown.org/mosc_ipea/relatorio-estatistico-MOSC-2025/. Acesso em: 18 jun. 2026.

LAUDON, Kenneth C.; LAUDON, Jane P. **Sistemas de informação gerenciais**. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2016.

PERFETTO, Fábio Viana; REIS, Sandra Gomes de Oliveira; PALETTA, Francisco Carlos. Gestão da informação digital: caminhos possíveis. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Campinas, v. 21, e023005, 2023.

PEREIRA, Milton. **Gestão para organizações não governamentais (ONGs)**. São Paulo: Atlas, 2001.

PINHO, José Antônio Gomes de (org.). **Sociedade e tecnologia**: novas mídias e participação social. Salvador: EDUFBA, 2016.

REZENDE, Denis Alcides; ABREU, Aline França de. **Tecnologia da informação aplicada a sistemas de informação empresariais.** 10. ed. São Paulo: Atlas, 2020.

WESTERMAN, George; BONNET, Didier; MCAFEE, Andrew. **Leading digital**: turning technology into business transformation. Boston: Harvard Business Review Press, 2014.

O Pensar Tributário em Ação

***Paulo Roberto Galvão*[1]**
***Antonio de Loureiro Gil*[2]**
***Rogerio Leite Araujo*[3]**

Introdução

O "Pensar Tributário" pressupõe um conjunto de habilidades e competências que abrange: a leitura, a interpretação e a aplicação da Legislação Tributária; a apuração, registro e controle dos Tributos, incluindo-se nesse aspecto o fiel cumprimento das Obrigações Tributárias Acessórias; e, acima de tudo, a Gestão Tributária, compreendida como planejamento, execução e controle. Consiste, portanto, em uma visão holística do ciclo de vida dos tributos, tanto no Momento Empresa, quanto no momento governo.

Nesse sentido, o presente trabalho visa a apresentar proposições de ferramentas e instrumentos de gestão que devam ser aplicadas na gestão de tributos. Esses vetores são aplicados comumente na gestão empresarial (estratégica, financeira etc.). No entanto, de maneira geral, ainda não são utilizados no campo dos tributos.

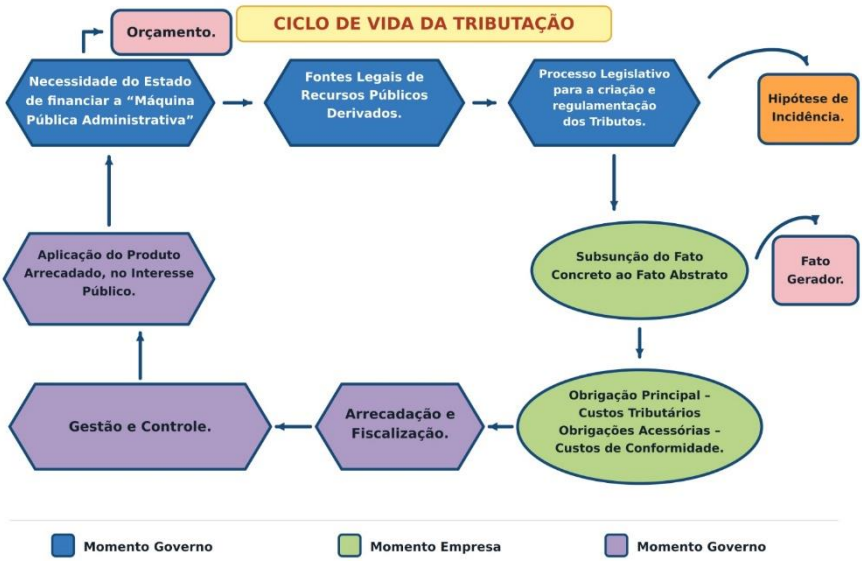
Como exemplo de vetores, no Momento Governo, podemos ter: Orçamento / Receita Realizada, em que se poderá aplicar indicadores de desempenho e/ou de falha para avaliar a eficiência e a eficácia da gestão pública tributária. Já no Momento Empresa, a ideia é que a Gestão Tributária deva ser tratada em condições de igualdade, no que tange à prioridade e importância, com as demais áreas da gestão (Galvão, 2011). Ou seja, não basta apurar e recolher corretamente os tributos, deve-se buscar a otimização dos recursos aplicados em tributos e a eliminação dos riscos de infrações e penalidades pecuniárias. Nesse sentido, pode-se utilizar o vetor: Diretrizes da Gestão, no qual, via indicadores e métricas, buscar-se-á a Elisão Fiscal.

[1] Mestre em Ciências Contábeis pela FECAP. Professor e Pesquisador. *E-mail*: pgconsultoria2014@gmail.com
[2] Doutor em Contabilidade pela USP. Pesquisador e Professor Universitário. *E-mail*: antonio.gil@exemplo.edu.br
[3] Especialista em Contabilidade Internacional pela FGV-SP. Tributarista e Docente. *E-mail*: rogermilk@ig.com.br

Não menos importante é a utilização do vetor Causa/Efeito, tanto no Momento Empresa, quanto no Momento Governo, haja vista que tal conceito é condição *sine qua non* da Gestão do Conhecimento.

A Figura 1, a seguir, apresenta o Ciclo de Vida da Tributação, na qual se pode observar que os tributos nascem da necessidade do Estado angariar fundos para subsidiar as necessidades básicas da sociedade. No entanto, para uma relativa segurança jurídica, a criação dos tributos depende de um processo legislativo, o qual cria a hipótese de incidência (Ataliba, 2005). A materialização da hipótese de incidência, ou fato hipotético, pelo contribuinte (empresa ou pessoa física) caracteriza o fato gerador das obrigações tributárias (divididas em: principal e acessórias) (Carvalho, 1996), que vinculam os contribuintes numa relação jurídica/tributária com o Fisco. O Estado (Fisco), por sua vez, tem o dever/obrigação de fiscalizar, arrecadar e aplicar o produto arrecadado em prol da Sociedade (Baleeiro, 1996).

Figura 1 – Ciclo de Vida da Tributação.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Momento Empresa

Levando-se em consideração que o impacto da carga tributária atual, aliado ao altíssimo custo de conformidade tributária, decorrente do

cumprimento das obrigações tributárias acessórias, pode representar um diferencial competitivo na formação do preço de venda dos produtos e/ou serviços — se pensado e tratado como um fator crítico de sucesso —, também pode vir a ser um fator de sucumbência empresarial — caso sejam deixados em segundo plano — ou ainda tratados como o "fardo pesado" da tributação atual (Galvão, 2011).

Nesse sentido, pode-se afirmar que o Planejamento Tributário na Empresa Moderna deve ocupar uma posição de igualdade, em relação à importância, com o Planejamento Estratégico, o Planejamento Financeiro e qualquer outro que tenha total atenção e dedicação da Alta Direção empresarial (Galvão, 2011).

A aplicação de ferramentas de gestão no Planejamento Tributário poderá fazer com que a empresa possa projetar cenários, simular situações, monitorar e mensurar resultados e falhas, com o objetivo de otimizar os recursos e minimizar, de forma legal, o impacto da carga tributária em suas operações, ou seja, a prática da Elisão Fiscal via gestão sustentável dos tributos. Tais procedimentos poderão levar ao fim dos desperdícios, no sentido de que a empresa passará a pagar o tributo justo, sem custos adicionais advindos de penalidades impostas por infração à legislação ou até mesmo por cobranças de mora por recolhimentos indevidos ou em atraso e descumprimento de obrigações acessórias.

Somente por meio da gestão sustentável dos tributos poder-se-á avaliar as contingências, controláveis ou não, com risco de ocorrência no horizonte presente/futuro. A ocorrência de contingências tributárias é muito comum, em face da complexidade e do dinamismo da legislação tributária brasileira (Carvalho, 1996).

No mercado global hodierno, encontramos a figura da "Guerra Fiscal", tanto nas operações internas, entre Estados e Municípios, quando se trata de tributos como o ICMS e o ISSQN, como nas operações internacionais, em relação a países de tributação favorecida. Muitas vezes, as empresas, na busca de benefícios e/ou redução da carga tributária, tomam decisões de mudança de operações ou até mesmo de suas plantas. No entanto, quando não se têm as ferramentas adequadas para subsidiar as tomadas de decisão, o Risco passa a ser muito maior. A aplicação de ferramentas como a Gestão de Negócios Sustentáveis e a Auditoria de Gestão de Negócios Sustentáveis podem minimizar os riscos de contingências, por intermédio de simulações de cenários futuros, da utilização da engenharia reversa e do conceito de retrocausalidade gestional, entre outros (Galvão, 2011).

Momento Governo

É princípio consagrado do Direito Administrativo, consequência do previsto na nossa Carta Maior, que o agente público só pode fazer o que se encontra previsto em lei, diferentemente de qualquer cidadão, não agente público, que pode fazer ou não fazer qualquer coisa desde que não seja vedada por lei. Assim, quando se trata de gestão pública, dirigida e administrada por agentes públicos, há que se verificar qual a lei que a regula.

Para isso, temos a LRF – Lei de Responsabilidade Fiscal, Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000 (Brasil, 2000), que visa a regular a Constituição Federal, no que concerne ao seu Título VI, que trata da "Tributação e do Orçamento". Verificar-se-á que o Capítulo II do aludido Título VI trata das Finanças Públicas.

Em perfunctório exame da precitada LRF, pode-se verificar não ser ela uma lei perfeita, coisa que na realidade não existe, vez que nada que é feito pelo ser humano tem perfeição, mas é uma boa lei e, desde que cumprida com zelo e honestidade, propiciará bons resultados. A LRF, na verdade, atende, dentre outros, aos preceitos dos artigos 165, 169 e 250 da CF/88, lembrando que o artigo 165 prescreve, em apertada síntese, que cabe ao Poder Executivo estabelecer o plano plurianual, as diretrizes orçamentárias e os orçamentos anuais; o artigo 169 estabelece os limites de despesa com pessoal ativo e inativo da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios; e o artigo 250 estabelece que a União poderá constituir fundo integrado por bens e ativos de qualquer natureza, mediante lei que disporá sobre a natureza e a administração desse fundo, com o objetivo de assegurar recursos para o pagamento dos benefícios concedidos pelo regime geral da previdência social, em adição aos recursos de sua arrecadação (Brasil, 2000).

Verifica-se, em rápido exame, que referida lei busca impor a transparência dos atos dos gestores públicos. É o que se deduz do *caput* do artigo 1º e do § 1º da LRF (Brasil, 2000), que preceituam como seu objetivo o estabelecimento de normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal por meio de ação planejada e transparente. Assim, é nosso entendimento que, atendendo-se ao previsto na LRF, com ênfase especial no item transparência, conseguir-se-ão bons resultados na gestão pública. Há que se observar as normas insculpidas para a elaboração do Plano Plurianual (PPA), nas Leis de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e nas Leis Orçamentárias Anuais (LOA) (Brasil, 2000).

O inciso IV do artigo 2º da referida Lei prevê a definição da receita corrente líquida, a qual é avaliada periodicamente nos relatórios de gestão fiscal:

> Art. 2º Para os efeitos desta Lei Complementar, entende-se por:
>
> [...]
>
> IV - receita corrente líquida: somatório das receitas tributárias, de contribuições, patrimoniais, industriais, agropecuárias, de serviços, transferências correntes e outras receitas também correntes, deduzidos:
>
> a) na União, os valores transferidos aos Estados e Municípios por determinação constitucional ou legal, e as contribuições mencionadas na alínea a do inciso I e no inciso II do art. 195, e no art. 239 da Constituição;
>
> b) nos Estados, as parcelas entregues aos Municípios por determinação constitucional;
>
> c) na União, nos Estados e nos Municípios, a contribuição dos servidores para o custeio do seu sistema de previdência e assistência social e as receitas provenientes da compensação financeira citada no § 9º do art. 201 da Constituição.
>
> § 1º Serão computados no cálculo da receita corrente líquida os valores pagos e recebidos em decorrência da Lei Complementar nº 87, de 13 de setembro de 1996, e do fundo previsto pelo art. 60 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias.
>
> § 2º Não serão considerados na receita corrente líquida do Distrito Federal e dos Estados do Amapá e de Roraima os recursos recebidos da União para atendimento das despesas de que trata o inciso V do § 1º do art. 19.
>
> § 3º A receita corrente líquida será apurada somando-se as receitas arrecadadas no mês em referência e nos onze anteriores, excluídas as duplicidades. (Brasil, 2000).

Pois bem, sem que haja a necessidade de maiores argumentos, os preceitos legais mencionados são suficientes para se afirmar que, também para o governo, é imperiosa a necessidade de se implementarem as ferramentas de gestão dos tributos com o fito de se assegurar a transparência, o controle e a fiscalização das Receitas Tributárias.

A utilização de indicadores de falha e de desempenho passa a ter uma importância crucial neste momento, haja vista que, quando se fala em gestão de tributos, pressupõe-se a aplicação de: Planejamento → Execução → Controle.

O Planejamento acontece por ocasião da elaboração do Orçamento e leva em consideração a projeção de fatos futuros e a utilização de registros de fatos pretéritos que geram expectativas de receitas, como, por exemplo,

lançamentos de ofício e receitas de multas por infração à legislação tributária. Ocorre que muitas vezes tais lançamentos e multas acabam por não se transformar em receita, vez que podem ser reformados e/ou anulados por decisões administrativas e/ou judiciais. Da mesma forma que a iniciativa privada suporta um ônus pesadíssimo quanto ao chamado custo de conformidade, o governo despende muito tempo e dinheiro em processos administrativos e/ou judiciais, sendo que em alguns obtém êxito e em outros não. No entanto, a falta de critérios de mensuração qualitativa e quantitativa, de tais resultados impede a aplicação de ações de melhoria, ficando o Estado sujeito a falhas como a projeção de receitas superestimadas e ônus de processos malsucedidos.

O controle de tais ocorrências, via utilização dos indicadores de falha e/ou de desempenho, pode proporcionar à gestão uma melhoria considerável na elaboração do planejamento, bem como levar à implementação de ações detectivas, corretivas e preventivas com o objetivo de sanar falhas e evitar suas reincidências. Vale ressaltar que as ações detectivas têm por objetivo localizar eventuais contingências, as ações preventivas buscam evitar as contingências e as corretivas buscam sanar as consequências delas advindas. Dessa forma, não só estaria o Poder Público atendendo à exigência legal da avaliação do desempenho, como também poderia dar transparência ao processo, pela divulgação dos indicadores.

Outra aplicação dos indicadores, não menos importante, pode ser a avaliação do desempenho da arrecadação, em face da evolução do Produto Interno Bruto (PIB), de forma a verificar o impacto da carga tributária na economia. Isto pode ser feito por segmentos econômicos, por regiões ou qualquer outro critério. Neste sentido, vale lembrar que, embora os tributos sejam a principal fonte de arrecadação dos Estados, as funções dos tributos são: Função Fiscal, Extra-Fiscal, Para-Fiscal e Social, não devendo jamais os tributos serem utilizados como forma de enriquecimento sem causa do Estado (Baleeiro, 1996).

Outro ponto a ser explorado pelos indicadores e pela sua publicação pode ser no tocante à aplicação dos recursos auferidos pelo Estado, em favor da população. Neste aspecto, vale ressaltar que os Tributos classificam-se, em tese, em três espécies, a saber: Impostos, Taxas e Contribuições, sendo que os primeiros são conhecidos como tributos não vinculados e os outros dois como tributos vinculados. Para um melhor esclarecimento, pode-se dizer que os Impostos são tributos cuja Receita não está vinculada a uma aplicação específica e serve para atender às necessidades gerais do Estado. Sua receita vai compor um caixa único do ente arrecadador. Por exemplo: o dinheiro arrecadado pelo IPVA (imposto sobre propriedade de veículo automotor),

necessariamente, não tem que ser utilizado para tapar buracos de rodovias. Ademais, a instituição e cobrança de impostos não se encontram vinculadas a nenhuma atividade estatal específica. Já as Taxas e as Contribuições, sendo estas últimas classificadas em Contribuições de Melhoria e Contribuições Especiais, têm suas receitas vinculadas a aplicações específicas, por exemplo o Alvará de Funcionamento (Taxa de Licença de Funcionamento) está vinculado ao exercício do poder de polícia do Estado e a COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) está vinculada à manutenção da Seguridade Social. Portanto, suas instituições e cobranças encontram-se vinculadas a atividades estatais específicas (Ataliba, 2005).

Sendo assim, a avaliação e a divulgação dos valores arrecadados versus as respectivas aplicações dos recursos, via aplicação de indicadores, daria maior transparência e credibilidade aos Governos (Federal, Estaduais, Distrital e Municipais).

Assim como em muitas empresas da iniciativa privada, o "Pensar Tributário" ainda não é praticado no âmbito governamental e pode-se mencionar diversos fatores que devem ser motivos de reflexão, entre eles a chamada "atividade administrativa plenamente vinculada" — que vincula o agente público a todo e qualquer ato normativo, tirando deste o "poder discricionário". No entanto, ainda que no Campo Operacional da tributação (Execução) a atividade administrativa plenamente vinculada seja o norte da ação dos agentes públicos, é fato que nos Campos Estratégico (Planejamento) e Tático (Controle) o "Pensar Tributário" pode e deve ser colocado em prática.

Considerações finais

Levando-se em consideração que o ciclo de vida dos tributos passa pelo Momento Governo → Momento Empresa → Momento Governo, a harmonia entre os atores de tal ciclo deve acontecer para o sucesso da operação, pois um depende do outro e essa harmonia somente será possível se os tributos forem tratados conceitualmente de forma igual por ambos. A prosperidade de um depende da continuidade do outro; a cadeia produtiva é responsável tanto pelo sucesso econômico-financeiro das empresas como pela arrecadação tributária dos Governos Municipais, Estaduais e Federal.

Do ponto de vista do Estado, é fundamental entender que ele não é gerador de riquezas e que, portanto, tem o dever legal e moral de zelar pela correta aplicação de seus recursos, recursos esses que derivam do patrimônio das pessoas (físicas e jurídicas). Portanto cabe a ele o controle e à Sociedade resta o dever e a obrigação da fiscalização e da consciência na escolha dos governantes e legisladores. Afinal, quem define o quanto será arrecadado, via

Orçamento Público, são os Chefes do Executivo e quem nos obriga a recolher os tributos, por intermédio das leis, são os Legisladores.

Já as empresas, por uma questão de sobrevivência ou mesmo de diferencial competitivo, devem colocar em ação as melhores práticas da gestão aplicadas às questões tributárias, objetivando a redução, postergação ou eliminação da ocorrência do fato gerador da obrigação tributária, de forma legal (planejamento tributário ou elisão fiscal), bem como minimizar os custos de conformidade tributária, evitando multas por penalidades e investindo em melhorias de processo via capacitação de pessoal e investimentos em tecnologia da informação.

Referências

ATALIBA, Geraldo. **Hipótese de incidência tributária**. 6. ed. São Paulo: Malheiros, 2005.

BALEEIRO, Aliomar. **Direito tributário brasileiro**. 10. ed. Rio de Janeiro: Forense, 1996.

BRASIL. **Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000**. Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp101.htm. Acesso em: 2 maio 2017.

CARVALHO, Paulo de Barros. **Curso de direito tributário**. 8. ed. São Paulo: Saraiva, 1996.

GALVÃO, Paulo Roberto (org.). **Gestão de tributos na empresa moderna**. São Paulo: Senac, 2011.

Controles Internos: A base de uma Governança Saudável

Cesarino Carvalho Junior[1]

Introdução

A transparência na gestão está na eficácia dos controles internos estabelecidos e implementados. O objetivo deste artigo é verificar a aplicação dos controles internos nas organizações familiares como forma de suportar o conceito de transparência organizacional além do discurso. Muitas organizações prezam pela transparência nos seus negócios, mas poucas demonstram, por meio de práticas, como isto ocorre. Este trabalho busca fortalecer e demonstrar aos administradores atuais que não há transparência sem controles internos eficazes.

Ao discorrer sobre estes temas o autor documentará seus estudos de forma a enriquecer seus conhecimentos e conceitos que contribuirão como complemento à estrutura de Governança e Risco, haja vista que os temas aqui abordados são partes integrantes destes últimos dois.

A hipótese de que não há transparência nos negócios sem controles internos implementados parte da premissa de que a transparência está no ato e na capacidade dos administradores, de qualquer ramo de negócio, de comunicar-se de forma clara e realística com a sociedade. A comunicação somente ocorrerá desta forma se baseada em fatos e evidências que demonstrem a honestidade e transparência. Fatos e evidências estes suportados por meios que permitam a sua geração. Hoje, verificarmos nos periódicos de circulação no país, matérias nas quais se sugere que os cartões corporativos utilizados pelo Governo Federal permitem uma maior transparência, haja vista que eles permitem maior controle e publicidade das despesas realizadas. Mas, estes periódicos possibilitam também verificar que as regras para uso dos cartões não estão bem definidas. Talvez aí haja uma ausência de controle interno.

A relevância na discussão destes temas, transparência e controles internos, para este estudo, está intimamente relacionada ao momento em que

[1] Matemático, Engenheiro Industrial Mecânico, Mestre em Administração. *E-mail:* cesarino-junior@uol.com.br

as organizações estão vivendo. Cada vez mais as organizações buscam a abertura de capital nas bolsas ou pensam em ampliar os horizontes dos negócios por meio de injeção de capital de terceiros, seja por meio de investimento familiar ou dos proprietários.

A transparência nos atos da administração permitirá às partes interessadas uma confiança maior ou menor, dependendo do grau da transparência e da eficácia dos controles internos.

Revisão do Conhecimento e Hipótese de Estudo

Os temas transparência e controles internos estão num momento interessante de discussão. Não é objetivo neste estudo analisar uma prática específica, embora exemplifiquemos por meio de discussões amplamente difundidas ao longo dos tempos, sobre o uso do cartão corporativo no Governo Federal, exemplo apropriado para citações sobre os temas aqui abordados. As discussões demonstram exatamente o conceito de transparência e de controles internos, senão vejamos: o Governo entende o uso do cartão como uma forma transparente de atuar da administração, haja vista que todos os gastos são rastreados e publicados no site Portal da Transparência, transparência que outras práticas da gestão pública não permitem, vide a Lei nº 12.527/2011 - Lei de Acesso à Informação (LAI). Existe uma legislação que busca regulamentar tal uso, cuja norma mais recente é o Decreto Nº 5.355 de 25 de janeiro de 2005, tendo também o Projeto de Lei sobre transparência do CPGF (PL de 2020) em tramitação no Congresso Nacional. Os opositores do Governo e parte da sociedade e da imprensa entendem que não se trata de uma boa prática, pois os gastos são inadvertidos, sem fins próprios destinados para tal uso. Alguns se arriscam a citar que o "bom senso" deveria prevalecer no uso do cartão.

Todos os comentários do Governo e da oposição estão corretos, exceto quando se diz que falta "bom senso". O "bom senso" é bom, desculpe pelo pleonasmo, mas numa organização complexa como a administração pública, sempre que seja possível, deveriam eliminar o "bom senso", definindo regras claras e objetivas.

Existe um ponto nesta discussão que vai de encontro com este estudo, ou seja, a transparência existe, pois os meios para disponibilizar as informações estão estabelecidos e alguns controles internos implementados, que se trata do uso do cartão corporativo, do Portal da Transparência e do Decreto publicado, por exemplo, sem contarmos as auditorias do TCU. Mas o controle interno não depende exclusivamente dos tipos de controle, mas da qualidade e da capacidade de estes alcançarem os objetivos para os quais

foram criados. Necessitam ser definidos de forma sistêmica, permitindo corroborar com a transparência. As regras e os procedimentos para o uso do cartão, definindo quando se pode comprar ou gastar ou onde se pode comprar, não estão totalmente definidos, logo o "bom senso" pode ter levado ao uso indevido.

Portanto, como podemos verificar nas discussões conceituais que se seguem, este exemplo demonstra que não há transparência por si só na ótica de algumas das partes interessadas, se não houver uma definição clara dos controles internos estabelecidos. Neste caso, os controles internos aparentam não ter alcançado um dos objetivos da administração pública pelos meios identificados, que seria o bom uso dos recursos públicos.

Todas as organizações, públicas ou privadas, apresentam problemas semelhantes, e assim os controles internos eficazes poderão contribuir para maior transparência.

Outros exemplos que podem ser citados, são do conhecimento de todos em função da ampla divulgação de casos recentes, como da Worldcom, Enron e Parmalat; nos quais é comprovado que a transparência dos balanços amplamente divulgados não apresentava informações íntegras, pois ao abrirem os números reais das organizações, verificou-se que não representavam a verdade. Neste caso, o ambiente de controle e os controles estabelecidos não alcançavam os objetivos, como foi amplamente divulgado pela imprensa. Além disso, havia citações formais e documentadas sobre má-fé, conluio, manipulação deliberada e fraude que aparecem em relatórios oficiais, investigações, decisões judiciais e análises acadêmicas, entre a direção da organização e as organizações auditoras (não faz sentido citá-las neste estudo, pois não se trata do objetivo), que deveriam zelar pela eficácia dos controles internos garantindo a veracidade das informações.

Em ambos os temas, tendo em vista não nos apoiarmos numa pesquisa para uma avaliação mais profunda, a inferência nos leva ao julgamento de que a qualidade dos controles internos não foi suficiente para determinar a transparência das organizações.

Como se vê, convivemos diariamente com eventos que carecem de controles internos que permitam evidenciar transparência na administração de qualquer negócio.

Controles Internos

O IBGC (2015, p. 64) afirma que os controles internos são processos estabelecidos com o objetivo de assegurar o alcance dos objetivos da organização em conformidade com requerimentos legais e regulatórios. A

estrutura de controles internos deve funcionar sincronizadamente e operar em conjunto para alcançar a eficiência e a eficácia na condução dos controles internos, sob deliberação e supervisão do conselho de administração e da diretoria. Eles são compostos por um sistema que organiza e monitora os fluxos de informações corretas, reais e completas sobre a sociedade, compreendendo as de natureza financeira, operacional, de obediência às leis e outras que apresentam fatores de risco importantes.

O COSO (2002) denomina os controles internos como atividades de controles, identificando que elas são políticas e procedimentos que ajudam assegurar que as respostas aos riscos sejam cumpridas. As atividades de controles, para o COSO (2002), são estabelecidas em todos os níveis da organização e em todas as funções. As atividades de controles deveriam ser aplicadas nos níveis estratégicos, operacionais, de comunicação e de cumprimento a algo.

Os controles internos estão intimamente relacionados à capacidade da organização em suprir informações corretas, baseadas em princípios de transparência na comunicação com a sociedade.

Migliavacca (2004, p. 20) define controle interno como o planejamento organizacional e todos os métodos e procedimentos adotados dentro de uma organização, a fim de salvaguardar seus ativos, verificar a adequação e o suporte dos dados contábeis, promover a eficiência operacional e encorajar a aderência às políticas definidas pela direção.

Chiavenato & Sapiro (2003, p. 372) não incorporam a palavra interno ao controle, mas tem em sua definição uma linha de raciocínio semelhante à Migliavacca (2004), uma vez que entende que "o controle consiste em processo que guia a atividade exercida para um fim previamente determinado. A essência do controle reside em verificar se a atividade controlada está ou não alcançando os resultados desejados". Chiavenato & Sapiro estabelecem, o que eles chamam de tipos de controles, os controles estratégicos, controles táticos e controles operacionais, entendidos como níveis de controle pelo COSO (2002).

Os controles internos podem ser classificados em controles de prevenção ou de detecção, conforme cita Migliavacca (2004, p. 50 e 51). Os controles de detecção são aqueles destinados a detectar erros e anormalidades que ocorrem durante o processamento de dados, e os preventivos são aqueles destinados a impedir erros ou anormalidades durante o processamento.

A Deloitte Touche Tohmatsu (2003) define em sua publicação sobre a Lei Sarbanes-Oxley que o controle interno é um processo executado pela Diretoria, pelo Conselho de Administração ou por outras pessoas da

companhia que impulsionam o sucesso dos negócios em três categorias: eficácia e eficiência das operações; confiabilidade dos relatórios financeiros; e cumprimento de leis e regulamentos aplicáveis. Completa que os recentes escândalos, leia-se Enron e Worldcom, trouxeram à tona declarações de executivos que afirmavam não ter conhecimento das atividades duvidosas praticadas por suas companhias. Isto demonstra que a transparência não ocorria.

Aplicação dos Controles Internos

Os controles internos se caracterizam pelo seu aspecto cíclico e repetitivo, e deve ser vizualizados como um processo sistêmico em que cada etapa influencia e é influenciada pelos demais, cita Chiavenatto & Sapiro (2004, p. 373), e complementa que este processo se apresenta em quatro fases ou etapas, a saber: estabelecimento de objetivos ou padrões de desempenho; avaliação ou mensuração do desempenho atual; comparação do desempenho atual com os objetivos ou padrões estabelecidos; e tomada de ação corretiva para corrigir possíveis desvios ou anormalidades.

Os controles internos devem ser úteis, práticos e econômicos, e buscam contribuir com a salvaguarda dos ativos, o desenvolvimento dos negócios e o resultado da operação adicionando valor.

A aplicação dos controles internos é para os mais variados fins e busca criar um ambiente de controle nas organizações. Este ambiente é que torna uma organização transparente, pois os controles permitem às pessoas atuarem com transparência. Migliavacca (2004, p. 22) cita que um ambiente de controle propício para existir um bom controle interno necessita de princípios éticos de retidão e de integridade moral, dos indivíduos e da organização; de uma estrutura organizacional adequada para as realizações de negócios; comprometimento com a competência e a eficiência; formação de uma cultura organizacional; estilo e atitude exemplar dos administradores; políticas e práticas adequadas de Recursos Humanos; e sistemas adequados.

Tipos de Controles Internos

Os tipos de controles internos existentes são vários e dependem da criatividade da organização, que pode variar em função da sua estrutura organizacional e capacidade de investimento. Os tipos de controles incluem a estrutura organizacional, políticas, sistemas, procedimentos, instruções, padrões, comitês, plano de contas, orçamentos, relatórios, registros, listagens, métodos, instrumentos e auditorias internas, podendo ainda existir outros.

O COSO (2002) acrescenta que as atividades de controle, leia-se controles internos, incluem diversas aprovações, autorizações, verificações, reconciliações, análise de desempenho operacional, seguros dos ativos e segregações de funções (*segregation of duties*), buscando assim o propósito de inibir a atuação indevida ou mesmo, com o intuito positivo, confrontar as decisões buscando minimizar o risco.

O Quadro 1 identifica alguns tipos de controles internos e a sua forma de estabelecimento. Os tipos de controles apresentados tratam de uma coletânea de algumas literaturas, onde, por exemplo, Migliavacca (2004) cita como meios de controle as formas de organização; políticas estabelecidas claramente; normas e procedimentos de suporte; pessoal adequado, treinado e competente; contabilidade eficiente; técnicas de orçamento; sistemas adequados; relatórios gerenciais; revisões internas; e programas de qualidade.

Chiavenatto e Sapiro (2004) distinguem três tipos de controles: os estratégicos, em que se encontram os balanços contábeis e relatórios financeiros; os táticos, considerando os controles orçamentários e a contabilidade de custos; e por último os operacionais, realizados por meio de ações disciplinares.

Os tipos de controles, citados no Quadro 1, permitem uma abrangência além dos controles internos financeiros que são os mais usuais nas organizações. Eles alcançam aplicações por toda e qualquer tipo de organização.

Quadro 1 – Tipos de Controle

Mapeamento dos processos: Mapear o processo da forma como ele é, representa o primeiro passo de qualquer esforço de melhoria de processo, tendo como objetivo identificar os pontos de controle.
Controle de requisitos: A maioria dos processos é sujeita aos requisitos externos, estipulados por clientes internos ou externos, regulamentos, leis, acordos com órgãos fiscalizadores, normas técnicas e outros. (*Compliance*)
Definição de responsabilidades: A falta de definição apropriada de responsabilidades pode causar superposição de responsabilidades, gerando conflitos internos e desgaste; redundância, gerando custos adicionais; falta de ação no tempo adequado; e falta de controle.
Procedimentos, critérios de execução e critérios de decisão: Procedimentos formais são necessários para que os padrões planejados sejam de fato realizados,

independentemente de quem está executando uma atividade ou tomando uma decisão.
Controle de documentos: Qualquer processo depende de um conjunto de documentos para ser executado, incluindo: procedimentos, especificações, normas, desenhos etc. Os documentos devem ser adequadamente controlados.
Controle de dados: A maioria dos processos está fundamentada em bases de dados informatizados. Se esses dados não forem confiáveis, erros poderão ocorrer no processo. Pior ainda, se os dados necessários não estiverem disponíveis, o processo poderá ser inviabilizado.
Acesso a sistemas e instalações: Os sistemas de informação e as instalações da organização devem ser protegidos do acesso indevido de pessoas que pretendam utilizá-las para seu benefício pessoal, ou até mesmo com a intenção de sabotar sistemas, equipamentos ou produtos.
Segregação de funções: Idealmente, uma etapa de conferência/validação deveria ser realizada por uma função isenta, não participante da etapa de realização, a fim de evitar a manipulação do processo, visando ocultar ineficiências ou interesses que não os da organização.
Limites de autoridade e critérios de aprovação: A aprovação em nível hierárquico apropriado é necessária quando há desembolso financeiro de qualquer tipo; compromisso assumido com partes interessadas; decisões que implicam custo não planejado para a organização, risco para a imagem da organização e mudança nos objetivos da organização. Os critérios de aprovação devem também especificar como serão aprovadas eventuais modificações nos valores ou condições posteriores à aprovação original. Conforme o teor e a magnitude da modificação, esta pode ter que ser aprovada pelo mesmo nível hierárquico da aprovação original.
Interfaces automáticas com sistemas financeiros: Os processos devem incluir essas interfaces, identificando os controles exercidos para assegurar que não ocorram distorções ou atraso nas informações financeiras.
Controle de não-conformidades: Quando os erros ou as discrepâncias são relevantes, devido à magnitude dos danos gerados ou pelo fato de serem crônicos, espera-se que haja uma ação corretiva gerencial, visando eliminar a causa-raiz do problema, e que não sejam apenas tomadas ações de contenção do problema.
Planejamento de contingências: Em alguns processos podem ocorrer eventos que ameaçariam a continuidade da operação, podendo até influir nos resultados da organização, tais como greves, catástrofes naturais, incêndios etc.

Qualificação e capacitação dos Recursos Humanos: A preparação adequada das pessoas para realizar as atividades previstas de um processo é uma base fundamental para que as atividades sejam realizadas conforme padrões estabelecidos.
Monitoramento do desempenho dos processos: Todo processo deve ter seu desempenho monitorado por meio de indicadores. Além dos considerados habituais (custo, qualidade e prazo), espera-se que sejam monitorados também os referentes à existência e à eficácia dos próprios controles internos anteriormente descritos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Transparência

Nas palavras do Código de Melhores Práticas de Governança Corporativa do IBGC (2015, p. 20), a transparência "consiste no desejo de disponibilizar para as partes interessadas as informações que sejam de seu interesse e não apenas aquelas impostas por disposições de leis ou regulamentos. Não deve restringir-se ao desempenho econômico-financeiro, contemplando também os demais fatores (inclusive intangíveis) que norteiam a ação gerencial e que conduzem à preservação e à otimização do valor da organização".

A transparência, na língua inglesa "*disclosure*" vem da necessidade de o executivo principal prestar todas as informações que sejam pertinentes, além das obrigatórias por lei ou regulamento, tão logo estejam acessíveis. Estas informações devem ser claras e objetivas, por meio de uma linguagem acessível aos diversos públicos. As informações devem ser equilibradas e de qualidade, abordando aspectos tanto positivos quanto negativos, para facilitar ao leitor a correta compreensão e avaliação da sociedade. Toda informação que possa influenciar decisões de investimento deve ser divulgada imediata e simultaneamente a todos os interessados.

Vários meios são utilizados para divulgar as informações, podendo ser pela internet ou por outras tecnologias quando se busca rapidez na divulgação, mas legalmente um dos meios mais clássicos são os Relatórios Anuais. O Relatório Anual é o mais importante e abrangente instrumento de transparência para com a sociedade, não devendo se limitar somente às informações exigidas por lei.

A transparência não está no fato de simplesmente expor as informações e aguardar que os meios externos avaliem e acreditem ou não nesta exposição. A transparência está no fato de expor a verdadeira informação, inclusive divulgando-as com ressalvas quando estas forem do

conhecimento dos administradores. A tolerância a uma transparência parcial, se assim podemos denominar, somente é permitida se ela for causar uma convulsão social ou organizacional, neste caso a tolerância deve ser seguida de um plano de ação que minimize o impacto da divulgação e seus efeitos. Caso semelhante pode ser exemplificado no caso recente do Banco Santos. O Governo mantinha sob controle e monitoramento as ações do Banco e buscou agir de forma que o impacto, ao divulgar as informações de falência, tivesse o mínimo efeito possível no mercado financeiro; seguido de ações para recuperar os capitais dos investidores e com isso reduzir a perda. Não estamos aqui querendo julgar se o Governo agiu corretamente ou não, mas simplesmente exemplificar a ideia de que a transparência parcial se faz necessária diante de um risco iminente.

A OCDE por meio dos Princípios de Governança Corporativa (2025, p. 24, tradução livre) recomenda que: "A estrutura de governança corporativa deve assegurar que a divulgação de informações seja feita de forma tempestiva e precisa sobre todas as questões materiais relativas à companhia, incluindo sua situação financeira, desempenho, sustentabilidade, propriedade e governança".

Metodologia da pesquisa

O estudo de múltiplos casos, apoiado em organizações de um mesmo segmento de mercado possibilita uma análise mais ampliada do objetivo deste artigo. O estudo de caso tem como um dos propósitos explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos, mas como observa Gil (2002), os resultados deste método de pesquisa, de modo geral, são apresentados em aberto, ou seja, na condição de hipóteses, não de conclusões. Esse estudo desenvolvido junto a três organizações que atuam nos ramos de usinagem e estampagem de metais para fornecimento, principalmente, às indústrias automotivas, localizadas na cidade de Indaiatuba, interior do Estado de São Paulo, teve como base a aplicação de um questionário com cinco perguntas. As questões elaboradas estão fundamentadas nos conceitos extraídos do Código das Melhores Práticas de Governança Corporativa do IBGC (2015) e Migliavacca (2004). Buscam levantar o interesse dos proprietários nas **transparência** dos atos da administração e identificar a aplicação de algum tipo de controle interno, como forma de gerenciar a organização voltada para os interesses das partes interessadas (*stakeholders*) no negócio e possibilitar a tomada de decisão baseada em fatos, criando valor para a organização.

A metodologia de pesquisa adotada consiste na realização de estudos de múltiplos casos obtidos por meio de entrevistas com os responsáveis das

organizações, os quais são os dirigentes executivos e que tomam as decisões nas organizações pesquisadas. As organizações se encontram num universo de 34 a 145 funcionários e faturamento na ordem de R$ 12 milhões máximo, o que na definição das leis de micro e pequenas organizações podemos caracterizar como organizações de pequeno e médio porte.

Pela possibilidade de uma interpretação equivocada quanto às respostas ao questionário, resolveu-se não citar os nomes das organizações estudadas. É do nosso conhecimento que as organizações questionadas aplicam algum tipo de controle interno, dentro dos conceitos apresentados no referencial teórico.

Não se pretende aqui julgar se as organizações estudadas estão corretas ou não em suas decisões de optar por este ou aquele tipo de controle ou se são transparentes ou não nos seus atos, mas tão somente comparar a teoria estudada à prática, e analisar se as hipóteses são verdadeiras para com isso analisar os objetivos geral e específico do trabalho.

A pesquisa foi realizada por meio de um questionário composto de 5 questões abertas e fechadas, apresentadas no "Quadro 2". Ele possibilita ao respondente optar pela escolha da melhor resposta à prática na sua organização ou na sua ótica e complementar com respostas qualitativas.

As questões buscam abordar os principais conceitos que se encontram no referencial teórico, de forma a verificar se **controles internos** apresentados são aplicados pela organização de forma estruturada. Os estudos de caso realizados, aplicando-se o questionário dirigido, permitem avaliar se a justificativa citada no início deste é válida ou não dentro do contexto.

A coleta dos dados varia entre a pesquisa à distância, com envio do questionário e posterior validação das informações; e a entrevista *in loco*. Este ponto contribui para minimizar a variabilidade na coleta das informações.

Quadro 2 – Questionário da Pesquisa

Questões
Número de empregados, Faturamento Anual, Segmento de atuação, Constituição Estatutária
1) A transparência dos atos da administração é relevante para o negócio? () sim () não () parcialmente
2) Existe algum requisito legal que obriga a transparência dos atos da administração?

() sim () não () desconheço
3) A organização é transparente nos seus atos perante as partes interessadas? () sim () não () parcialmente
3.1) Se sim, quais os meios utilizados para demonstrar esta transparência?
3.2) Se sim, quais partes interessadas são alcançadas pelas ações de transparência? (obs.: é possível assinalar mais de uma alternativa) () acionistas () clientes () sociedade () fornecedores () funcionários
3.3) Se não, quais as dificuldades na aplicação de ações de transparência?
4) Assinalar abaixo quais tipos de controles internos são aplicados pela organização:

Tipos de Controles Internos	**Aplicação Total**	**Aplicação Parcial**	**Pensa em aplicar**	**NA***
Mapeamento dos processos: Mapear o processo da forma como ele é representa o primeiro passo de qualquer esforço de melhoria de processo, tendo como objetivo identificar os pontos de controle.				
Controle de requisitos: A maioria dos processos é sujeita aos requisitos externos, estipulados por clientes internos ou externos, regulamentos, leis, acordos com órgãos fiscalizadores, normas técnicas e outros.				
Definição de responsabilidades: A falta de definição apropriada de responsabilidades pode causar superposição de responsabilidades, gerando conflitos internos e desgaste; redundância, gerando custos adicionais; falta de ação no tempo adequado; e falta de controle.				
Procedimentos, critérios de execução e critérios de decisão: Procedimentos formais são necessários para que os padrões planejados sejam de fato				

realizados, independentemente de quem está executando uma atividade ou tomando uma decisão.				
Controle de documentos: Qualquer processo depende de um conjunto de documentos para ser executado, incluindo: procedimentos, especificações, normas, desenhos etc. Os documentos devem ser adequadamente controlados.				
Controle de dados: A maioria dos processos está fundamentada em bases de dados informatizados. Se esses dados não forem confiáveis, erros poderão ocorrer no processo. Pior ainda, se os dados necessários não estiverem disponíveis, o processo poderá ser inviabilizado.				
Acesso a sistemas e instalações: Os sistemas de informação e as instalações da organização devem ser protegidos do acesso indevido de pessoas que pretendam utilizá-las para seu benefício pessoal, ou até mesmo com a intenção de sabotar sistemas, equipamentos ou produtos.				
Segregação de funções: Idealmente, uma etapa de conferência/validação deveria ser realizada por uma função isenta, não-participante da etapa de realização, a fim de evitar a manipulação do processo, visando ocultar ineficiências ou interesses que não os da organização.				
Limites de autoridade e critérios de aprovação: A aprovação em nível hierárquico apropriado é necessária quando há desembolso financeiro de qualquer tipo; compromisso assumido com partes interessadas; decisões que implicam custo não-planejado para a organização, risco para a imagem da organização e mudança nos objetivos da organização. Os critérios de aprovação				

devem também especificar como serão aprovadas eventuais modificações nos valores ou condições posteriores à aprovação original. Conforme o teor e a magnitude da modificação, esta pode ter que ser aprovada pelo mesmo nível hierárquico da aprovação original.				
Interfaces automáticas com sistemas financeiros: Os processos devem incluir essas interfaces, identificando os controles exercidos para assegurar que não ocorra distorções ou atraso nas informações financeiras.				
Controle de não-conformidades: Quando os erros ou as discrepâncias são relevantes, devido à magnitude dos danos gerados ou pelo fato de serem crônicos, espera-se que haja uma ação corretiva gerencial, visando eliminar a causa-raiz do problema, e que não sejam apenas tomadas ações de contenção do problema.				
Planejamento de contingências: Em alguns processos podem ocorrer eventos que ameaçariam a continuidade da operação, podendo até influir nos resultados da organização, tais como greves, catástrofes naturais, incêndios etc.				
Qualificação e capacitação dos Recursos Humanos: A preparação adequada das pessoas para realizar as atividades previstas de um processo é uma base fundamental para que as atividades sejam realizadas conforme padrões estabelecidos.				
Monitoramento do desempenho dos processos: Todo processo deve ter seu desempenho monitorado por meio de indicadores. Além dos considerados habituais (custo, qualidade e prazo), espera-se que sejam monitorados também os referentes à existência e à eficácia dos				

próprios controles internos anteriormente descritos.				
5) Os controles internos acima relacionados que são aplicados ou parcialmente aplicados pela organização alcançam quais processos? (Pode assinalar mais de um). () Processos financeiros () Processos produtivos () Processos administrativos () Outros processos				

Fonte: Elaborado pelo autor.

Resultados e discussão

As três organizações pesquisadas são de capital fechado, denominadas de Limitadas, as quais não são obrigadas por lei a publicar resultados, ou seja, apresentar à sociedade as informações financeiras ou outras relativas ao negócio. As organizações são familiares e o gerenciamento é exercido pelos proprietários e sócios.

No "Quadro 3" estão agrupados os resultados obtidos nas três pesquisas e podemos verificar que todas entendem que a transparência é no mínimo parcialmente relevante, embora não haja nenhum requisito legal que as obrigue de tal transparência. A transparência, na ótica dos seus administradores, também é parcial, mantendo-se alinhada à relevância que estabelecem para o assunto, não alcançando todas as partes interessadas. Somente a organização "A" cita que suas ações alcançam os acionistas, clientes, fornecedores e funcionários por meio de reuniões periódicas com estas partes; a organização "B" é transparente somente com os acionistas — entenda-se proprietários — e ocorre por meio da participação nos lucros, indicadores de desempenho e comunicação interna; e a organização "C" utiliza as conversas informais após expediente ou nos finais de semana com os acionistas e funcionários para demonstrar sua transparência. Verifica-se que nenhuma das organizações pesquisadas apresenta prática que demonstre transparência para com a sociedade.

Quadro 3 – Resultados da Pesquisa

Questões				
1) A transparência dos atos da administração é relevante para o negócio? (C) sim (0) não (AB) parcialmente				
2) Existe algum requisito legal que obriga a transparência dos atos da administração? (0) sim (ABC) não (0) desconheço				
3) A organização é transparente nos seus atos perante as partes interessadas? (C) sim (0) não (AB) parcialmente				
3.1) Se sim, quais os meios utilizados para demonstrar esta transparência? • Através de reuniões periódicas. (A) • Através de participação nos lucros, indicadores de desempenho e comunicação interna. (B) • Conversas informais após expediente ou nos finais de semana. (C)				
3.2) Se sim, quais partes interessadas são alcançadas pelas ações de transparência? (ABC) acionistas (A) clientes (0) sociedade (A) fornecedores (AC) funcionários				
3.3) Se não, quais as dificuldades na aplicação de ações de transparência? Não houve respostas.				
4) Assinalar abaixo quais tipos de controles internos são aplicados pela organização:				
Tipos de Controles Internos	**Aplicação Total**	**Aplicação Parcial**	**Pensa em aplicar**	**NA***
Mapeamento dos processos	ABC			
Controle de requisitos	AC	B		
Definição de responsabilidades	ABC			
Procedimentos, critérios de execução e critérios de decisão	BC			
Controle de documentos	ABC			
Controle de dados	AC	B		
Acesso a sistemas e instalações		ABC		
Segregação de funções	C	A		B
Limites de autoridade e critérios de aprovação	C	A		B

Interfaces automáticas com sistemas financeiros	BC	A		
Controle de não-conformidades	ABC			
Planejamento de contingências		BC	A	
Qualificação e capacitação dos Recursos Humanos	A	C	B	
Monitoramento do desempenho dos processos	ABC			
5) Os controles internos acima relacionados que são aplicados ou parcialmente aplicados pela organização alcançam quais processos? (ABC) Processos financeiros (ABC) Processos produtivos (ABC) Processos administrativos (AC) Outros processos				

Fonte: Resultado compilado pelo autor.

No tocante aos controles internos pesquisados, as organizações apresentam uma variabilidade na sua aplicação, sendo que esta pesquisa não buscou avaliar o grau de efetividade dos controles, mas tão somente identificar os tipos de controles existentes, de modo que, de uma forma ou outra, é possível criar um ambiente propício para o controle.

Todas as organizações são certificadas ISO 9001, o que permite estabelecer certos controles, mesmo que sejam voltados para realização do produto ou serviço.

Como se pode observar, dos 14 tipos de controles internos apresentados, as organizações são unânimes na aplicação de 5 destes, a saber: mapeamento dos processos; definição de responsabilidades; controle de documentos; controle de não-conformidades; e monitoramento do desempenho dos processos, processos estes aplicados por todas as organizações, como se verifica na última questão pesquisada. A unanimidade alcança também a parcialidade de aplicação do controle de acesso a sistemas e instalações.

Considerações finais

A transparência organizacional, como anteriormente discutida, ainda se apresenta como discurso dos líderes das organizações pesquisadas, em que pese a não necessidade legal face a forma de constituição delas.

As organizações não alcançam todas as partes interessadas, em sua totalidade a sociedade, bem como alguns tipos de controles internos não são

aplicados, o que permite inferir que mesmo as informações divulgadas podem não ser íntegras.

As organizações familiares e de propriedade limitada, ressaltando que legalmente não são obrigadas a divulgar suas informações, ainda atuam com base na confiança das pessoas, e não com base em controles internos, como podemos verificar, quando duas das organizações pesquisadas aplicam parcialmente ou não aplicam controles sobre segregação de funções, limites de autoridade e critérios de aprovação.

A hipótese anteriormente assumida é confirmada para os casos estudados e o objetivo do trabalho está demonstrado pela ausência de controles internos nas organizações familiares pesquisadas.

Referências

CHIAVENATO, I.; SAPIRO A. **Planejamento Estratégico**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission - COSO. **Enterprise Risk Management Framework**. 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

Instituto Brasileiro de Governança Corporativa – IBGC. **Código das Melhores Práticas de Governança Corporativa**. 3ª. Ed. São Paulo: IBGC, 2007.

Instituto Brasileiro de Governança Corporativa – IBGC. **Código das Melhores Práticas de Governança Corporativa**. 5ª. Ed. São Paulo: IBGC, 2015.

MIGLIAVACCA, P. N. **Controles Internos nas Organizações**. São Paulo: Edicta, 2004.

OECD, **Recommendation of the Council on Principles of Corporate Governance**, OECD/LEGAL/0413. France: OECD, 2025.

QUALIDADE, Fundação Nacional - FNQ. **Guia de Referência da Gestão para Excelência**. 22ª Ed. São Paulo: Fundação Nacional da Qualidade, 2025.

TOHMATSU, Deloitte Touche - DTT. **Guia para melhorar a governança corporativa através de eficazes controles internos**. 2003.

Uma implementação baseada na Indústria 4.0 em um processo de matéria-prima na fabricação de papel tissue

Arthur Simões Rodrigues[1]
Jose Erick de Souza Lima[2]

1 Introdução

O papel tissue é um tipo de papel de baixa gramatura (12 a 40 g/m²), desenvolvido para aplicações de higiene e limpeza, como papel higiênico, papel toalha, guardanapos e lenços faciais. Fabricado a partir de fibras celulósicas virgens ou recicladas, o tissue se caracteriza por elevada maciez, absorção, porosidade e leveza, propriedades obtidas por meio de um processo específico que inclui preparo de massa, remoção de rejeitos, formação da folha, secagem em cilindro Yankee — um grande cilindro metálico aquecido internamente por vapor, que cria sua textura expansiva e macia.

A produção de papel tissue é um setor estratégico dentro da indústria de papel e celulose. Trata-se de um segmento de alta demanda mundial, no qual aspectos como qualidade, eficiência produtiva e custo competitivo desempenham papel determinante para a sustentabilidade das empresas.

O processo de fabricação envolve múltiplas etapas, desde a preparação da massa até a conversão final em bobinas. Entre estas, a preparação de massa assume papel fundamental, pois é nela que as fibras de celulose são dispersas em água, refinadas e depuradas, de modo a obter uma polpa homogênea e livre de impurezas. Essa etapa é realizada por meio de pulpers (despolpador que separa as fibras de celulose em água transformando-as em massa), tanques de estocagem, sistemas de bombeamento, válvulas guilhotinas e unidades de peneiramento fino, como o equipamento screen one.

No estudo de caso a ser apresentado, o controle de processo dos pulpers é controlado por um CLP Delta AS300, que se comunica com software de controle supervisório Elipse E3 com interface por um computador de mesa.

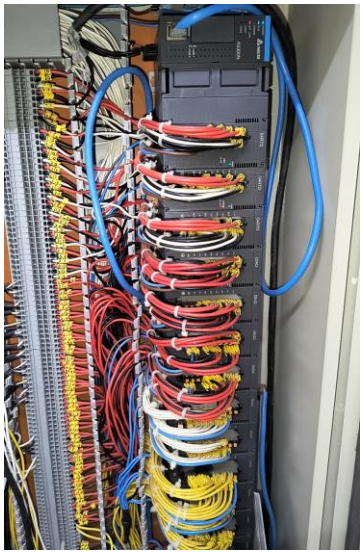
[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Bragança Paulista. *E-mail*: arthurlionheart.7@gmail.com
[2] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Bragança Paulista. *E-mail*: erick@ifsp.edu.br

Foi desenvolvida uma interface simples, de controle momentâneo dos motores, bombas de massa de cada pulper, e válvulas guilhotinas que controlam as linhas de tubulação de passagem de massa até o abastecimento de tanques, até a massa chegar ao refinamento por meio do screen one, controlado por outro CLP Delta da linha DVP. Esse, por sua vez, tem sua interface de controle através um touchscreen também da marca Delta.

Essa fragmentação da interface impede uma plena integração do processo de preparo de massa, limitando a visibilidade operacional e a geração de relatórios integrados. A ausência de registros históricos de variáveis do screen one dificultava a análise de desempenho e a identificação de gargalos.

A integração proposta neste trabalho busca unificar todos os dispositivos sob o controle do CLP Delta AS300, que atua como concentrador, de forma que todas as informações passem a ser supervisionadas pelo Elipse E3 em uma única plataforma. Essa integração tem o princípio dos conceitos da Indústria 4.0, uma vez que permite a coleta e análise centralizadas de dados, suporte à manutenção preditiva e aumento da confiabilidade do processo.

Figura 1 - CLP AS300 em campo.



Fonte: Arquivo dos autores (2026)

2 Indústria 4.0 no setor de papel e celulose

A Indústria 4.0 é caracterizada pela integração de tecnologias digitais e físicas em processos produtivos, tornando-os mais autônomos,

interconectados e inteligentes. Essa revolução, também conhecida como "quarta revolução industrial", tem como pilares a Internet das Coisas (IoT), Big Data, inteligência artificial e manufatura avançada.

Segundo Kagermann, Wahlster e Helbig (2013), a Indústria 4.0 se fundamenta na utilização intensiva de dados para otimizar processos, prever falhas e garantir maior competitividade. No setor de papel e celulose, esse paradigma encontra terreno fértil, pois os processos são fortemente dependentes de parâmetros físico-químicos que variam em tempo real, exigindo monitoramento e controle constantes.

O conceito de fábricas inteligentes (smart factories) pode ser aplicado a plantas de papel tissue através de sistemas de automação avançada, integração de CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) e supervisórios em arquiteturas distribuídas, além da utilização de sensores e instrumentos de análise do processo em tempo real. A adoção dessas tecnologias permite ganhos em eficiência energética, qualidade do produto, redução de desperdícios e melhoria da rastreabilidade de todo o processo produtivo.

3 Processo de preparo de massa para fabricação

O preparo de massa é a etapa inicial da fabricação de papel tissue e consiste na mistura de fibras celulósicas em água, seguida de processos de homogeneização, refino, depuração e ajuste de consistência. Seu objetivo é produzir uma suspensão de fibras com características adequadas para a formação da folha na máquina de papel.

Segundo a Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (ABTCP, 2021), o preparo de massa pode representar até 30% do custo energético total de uma fábrica de papel tissue, devido ao elevado consumo dos motores elétricos envolvidos em pulpers, bombas, refinadores e peneiras. Assim, a automação e otimização desse processo têm impacto direto na competitividade da indústria.

4 Sistema de Separação Fina: screen one

Após a preparação inicial nos pulpers e a filtragem de rejeito pesado no Pera, a suspensão de fibras passa por sistemas de peneiramento ou depuração, responsáveis pela remoção de contaminantes menores, como plásticos, areias, fragmentos metálicos e fibras mal refinadas.

O screen one (ver a Figura 2) é o equipamento responsável pela etapa de depuração fina da massa de papel, garantindo a remoção de impurezas

residuais e partículas que não foram eliminadas nas fases anteriores do processo. Ele atua como uma peneira de alta eficiência, operando sob pressão, e tem como objetivo assegurar que apenas fibras adequadamente refinadas e limpas prossigam para o tanque de armazenamento ou diretamente para a máquina de papel.

O screen one, fabricado por empresas como Kadant e Andritz, é um sistema de peneiramento fino dotado de cestos perfurados de alta precisão e válvulas de controle que regulam o diferencial de pressão. Seu funcionamento baseia-se na passagem da polpa por furos micrométricos que retêm contaminantes, permitindo que apenas fibras refinadas passem para a próxima etapa do processo.

O funcionamento do screen one baseia-se na passagem da polpa por um conjunto de telas perfuradas, normalmente de aço inoxidável, com aberturas controladas (entre 0,15 e 0,25 mm). As fibras adequadas à produção de papel passam através desses orifícios, compondo o chamado fluxo "accept", enquanto os resíduos mais grosseiros, plásticos, areias e aglomerados fibrosos são retidos e encaminhados ao fluxo "reject".

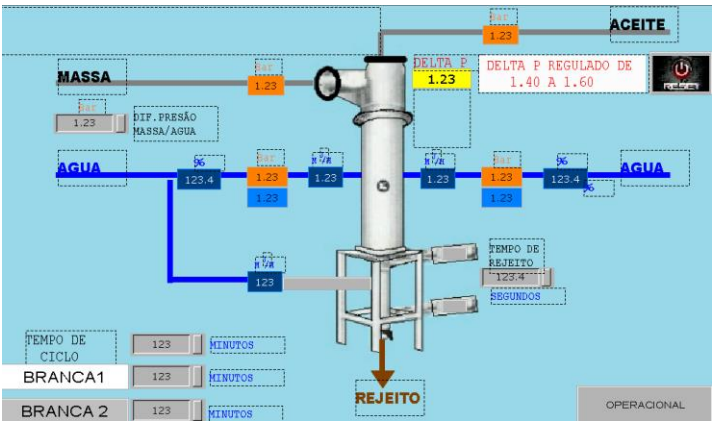
A eficiência do screen one é determinada pela pressão diferencial entre entrada e saída, pela taxa de rejeitos (quantidade de contaminantes retidos), pela vazão de operação e pela posição das válvulas de controle.

A operação é monitorada e controlada por um CLP DVP-28 da Delta, que gerencia as válvulas de controle de fluxo e o diferencial de pressão no sistema. Antes da integração proposta neste trabalho, o controle do screen one era feito de forma autônoma, por meio de uma IHM touchscreen local, sem interface direta com o sistema supervisório principal (Elipse E3). Após a unificação, o screen one passou a ser integrado por comunicação RS485 ao CLP Delta AS300, o que permitiu consolidar informações de pressão, vazão, aberturas de válvulas e alarmes em uma única interface supervisória, possibilitando rastreabilidade e análise de desempenho em tempo real.

De acordo com Kadant (2020), um screen one corretamente automatizado pode reduzir em até 40% a quantidade de contaminantes residuais no processo, melhorando a qualidade da folha final e reduzindo o desgaste de equipamentos subsequentes.

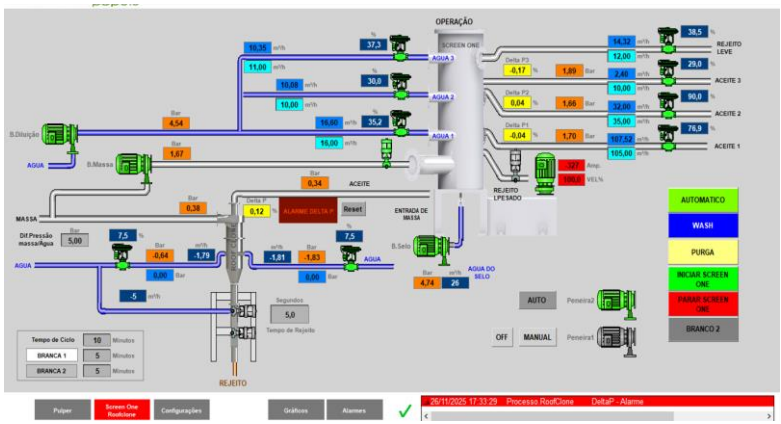
No touchscreen, o operador tem pequena área de visualização (ver Figura 2 e Figura 3), os gráficos são simplificados, a visualização de registro histórico é difícil, não há zoom e a manipulação de tendências é menor. Há dificuldade de navegação para telas complexas (ver Figura 2 e Figura 3) e, quando necessário, leva-se mais tempo para aplicar diversos comandos simultaneamente.

Figura 2 - Tela de comando do roof clone.



Fonte: Arquivo dos autores (2026)

Figura 3 - Nova tela do Supervisório do screen one e do roof clone.



Fonte: Arquivo dos autores (2026)

Assim, as telas foram inteiramente recriadas no Elipse E3 (ver a Figura 4), de modo a integrar: a tela principal do screen one junto roof; a tela exclusiva de parâmetros e set-points; a tela para gráficos de vazão e pressão; e a tela de alarmes detalhados.

Além disso, o supervisório agora alimenta um banco de dados utilizado também pela equipe de TI e manutenção, permitindo análises mais robustas de desempenho, conforme recomendam Valmet (2019) e Andritz (2019) em suas diretrizes de operação de sistemas de screening.

5 Integração de Variáveis: Comandos e Leituras

O processo de integração envolveu 90 (tags) endereços para comunicação do Elipse E3 (tags) do driver do Elipse configurado como Modbus RTU:

Trinta e nove variáveis de comando, isto é, set points que são definidos no
CLP mestre e enviados ao CLP escravo (escrita mestre → escravo). Essas variáveis correspondem a:

- Set-points de vazão;
- Configurações de tempos do screen one nas diversas operações;
- Reset de alarmes;
- Início/parada de operação (Manual/Automático);
- Acionamento de válvula de purga e procedimento de lavagem do screen one.

Esses comandos eram originalmente escritos pela IHM Touchscreen. A literatura destaca que a substituição da interface local por uma supervisão centralizada aumenta a ergonomia visual, reduz o risco de erros operacionais e amplia a capacidade de rastreabilidade (Valmet, 2019; ABTCP, 2021).

Cinquenta e uma variáveis de leitura (escravo → mestre), informações de sensores ligados a entradas analógicas do CLP escravo que são enviados ao CLP mestre. Eles incluem:

- Vazões de entrada e saída (medidores de vazão magnéticos);
- Pressão diferencial do screen one;
- Corrente RMS do motor principal;
- Abertura percentual das válvulas de controle de vazão;
- Status de bombas e válvulas pneumáticas;
- Alarmes de processo.

O envio dessas variáveis para o CLP Delta AS300 permite que elas sejam registradas no banco de dados SQL pelo Elipse E3, atendendo aos requisitos de rastreabilidade e diagnóstico preditivo, componentes centrais da Indústria 4.0 (Kang et al., 2016).

6 Substituição de Interface IHM para Supervisório

Além da recriação das telas operacionais do screen one e do roof clone no sistema supervisório Elipse E3, também foi implementado um conjunto de telas gráficas de histórico dedicadas ao monitoramento contínuo de variáveis críticas do processo: vazão instantânea, set-point de vazão e abertura

percentual da válvula de controle.

Embora a IHM Touchscreen Delta original apresentasse gráficos simples dessas variáveis, sua eficácia era limitada por diversos fatores:

- Tela pequena (10") com baixa resolução, dificultando a leitura de tendências;
- Ausência completa de histórico de longo prazo, registrando apenas o comportamento em tempo real;
- Escala gráfica fixa, tornando difícil visualizar variações rápidas;
- Latência perceptível ao atualizar curvas;
- Baixa qualidade de contraste, especialmente durante operação noturna;
- Interação limitada, sem zoom, navegação temporal, comparação entre curvas ou exportação de dados.

Como consequência, embora os gráficos existissem, os operadores não os utilizavam na prática, pois a visualização era insuficiente para auxiliar a tomada de decisão, especialmente em situações de instabilidade de vazão ou de entupimento parcial da linha do screen one.

Com a migração para o supervisório, foram implementados recursos visuais avançados como: o histórico de longo prazo, armazenado em banco de dados, permitindo a análise de horas, dias ou semanas – recurso fundamental para rastreamento de performance e auditoria operacional; os gráficos multilinhas – exibindo simultaneamente vazão medida, vazão set-point e abertura da válvula de controle; o ajuste dinâmico de escala e zoom, facilitando a visualização de transientes; a ferramenta de cursor temporal, permitindo comparação exata entre variáveis no mesmo instante do tempo; e, por fim, o uso de paleta de cores padronizada e contraste elevado, seguindo diretrizes HMI da ISA-101 (ISA, 2015).

7 Padronização de endereçamento de memórias

Os programas dos CLPs haviam sido desenvolvidos anteriormente sem integração planejada, resultando em uso não organizado das faixas de endereço. Essa condição, frequentemente citada como causa de falhas em projetos de expansão (Carmo; Vieira, 2019), exigiu a criação de uma estratégia estruturada de padronização.

A solução adotada foi espelhar as memórias D (memória do tipo word para dados de leitura/escrita analógica) do CLP escravo, organizar blocos lógicos no AS300:

- D1600 a D1637 variáveis de set-point e comando;

- D1700 a D1751 variáveis de leitura e processo.

Essa estratégia está de acordo com recomendações de modularização por blocos utilizadas na automação de processos contínuos (Smook, 2016).

8 Configuração comunicação HWConfig

Durante a primeira etapa do desenvolvimento da comunicação entre o CLP mestre AS300 e o CLP escravo DVP-28, identificou-se rapidamente que a integração não seria trivial devido à ausência de documentação clara sobre a configuração ideal de comunicação entre controladores Delta quando operando em modo mestre–escravo. A falta de exemplos técnicos e referências práticas gerou uma série de tentativas experimentais até que a arquitetura correta fosse encontrada.

Inicialmente, buscou-se implementar uma comunicação bidirecional completa, configurando no software HWConfig do CLP AS300 blocos de leitura e escrita para praticamente todas as memórias D (registradores tipo word) e M (coils memória de um bit) existentes no DVP-28. Essa abordagem parecia intuitiva, porém apresentou problemas logo no início.

O módulo Data Exchange do AS300 permite apenas 32 blocos de comunicação, cada um com capacidade máxima de 100 palavras.

Considerando que o programa do DVP-28 havia sido originalmente desenvolvido sem padronização de endereços e distribuía variáveis ao longo de uma faixa extensa de memórias (D0 a D1000 e M0 a M200), tentar espelhar todas essas variáveis para o AS300 rapidamente ultrapassou essa limitação.

Houve comunicação instável e falhas completas nas primeiras tentativas de ler e escrever todas as variáveis simultaneamente. Algumas variáveis funcionavam momentaneamente, outras respondiam de forma intermitente em muitos momentos e nenhuma comunicação acontecia.

O driver de tags foi criado e organizado usando o modo de blocos de comunicação; de modo que cada bloco tenha 100 tags, cuja numeração corresponde aos endereços de memória D em formato word no CLP da Delta.

9 Configurações Críticas de Comunicação no HWConfig: Shortest Update Cycle e Connection Timeout

Durante a configuração do intercâmbio de dados (Data Exchange) entre o CLP mestre AS300 e o CLP escravo DVP-28, dois parâmetros do HWConfig tiveram influência direta na estabilidade da comunicação via RS485 Modbus RTU: Shortest Update Cycle e Connection Timeout. A correta

parametrização desses itens é essencial para evitar perda de pacotes, travamento da porta serial e falhas intermitentes, que são problemas frequentemente observados em automação industrial quando o barramento serial trabalha próximo ao limite de ocupação (SIEMENS, 2018; DELTA, 2022).

a) Shortest Update Cycle

O Shortest Update Cycle determina o intervalo mínimo de tempo entre cada varredura completa de leitura/escrita entre o CLP mestre e o dispositivo escravo. Em outras palavras: é a frequência com que o mestre realiza o ciclo completo de comunicação, enviando requisições Modbus e aguardando respostas. Quanto menor o valor, mais vezes por segundo o mestre tenta atualizar os blocos de dados.

Um tempo muito curto (ex.: 20–50 ms) pode sobrecarregar o CLP escravo, aumentar colisões de mensagens, gerar leituras incoerentes ou parciais, ocasionar falhas intermitentes (comuns quando vários blocos são configurados simultaneamente).

Um tempo adequado melhora a estabilidade, o sincronismo entre os CLPs e a confiabilidade da leitura dos dados saúde da porta serial.

No presente projeto, após testes em campo, estabeleceu-se a configuração Shortest Update Cycle = 200 ms.

Esse intervalo provou ser o melhor compromisso entre a alta frequência de atualização, a estabilidade operacional e o tempo de resposta adequado ao processo.

Segundo a literatura técnica baseada em Delta (2020) e Siemens (2018) , valores entre 100 ms e 300 ms são ideais para sistemas Modbus com múltiplos blocos de leitura-escrita e escravos com menor capacidade de processamento, como é o caso do DVP-28.

b) Connection Timeout

O Connection Timeout determina o tempo máximo que o CLP mestre aguardará por uma resposta do escravo antes de considerar que houve falha de comunicação. Ou seja, é a "janela de tolerância" para perda momentânea de pacotes ou atraso na resposta Modbus.

Um timeout muito curto (ex.: 100–200 ms) faz o mestre interpretar atrasos normais como falhas, derruba a comunicação constantemente e

reinicia desnecessariamente o ciclo de requisições.

Um timeout adequado evita falsos positivos de falha, permite que o escravo processe grandes blocos de dados e garante estabilidade mesmo durante picos de tráfego.

No projeto, após testes em bancada e observações em campo, utilizou-se Connection Timeout = 800 ms. Essa configuração provou ser ideal porque o DVP-28 tem um buffer serial reduzido, os blocos de leitura somam diversas words (parte das 90 variáveis) e o AS300 processa várias rotinas simultâneas.

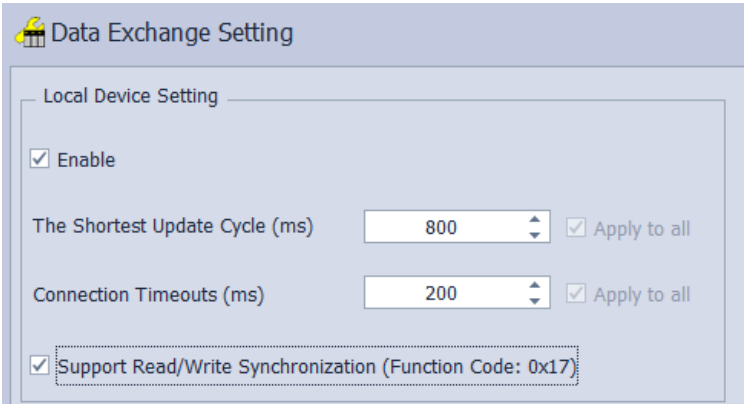
Fabricantes de automação (ANDRITZ, 2019; DELTA, 2022; MITSUBISHI, 2017) recomendam timeouts entre 500 ms e 1000 ms em redes RS485 com múltiplas requisições Modbus.

c) Relação entre Shortest Update Cycle e Connection

O principal ponto é: o timeout deve ser sempre maior que o ciclo de atualização. Por isso:

- Update Cycle = 200 ms;
- Timeout = 800 ms.

Figura 4 - Configuração de velocidade de comunicação CLP Delta.



Fonte: Arquivo dos autores (2026).

10 Conclusão

As dificuldades encontradas durante a integração como a ausência de padronização, as falhas de comunicação e a falta de documentação foram

superadas mediante uma metodologia estruturada e alinhada às boas práticas de automação industrial (ISA, 2017; DELTA, 2020). A solução implementada modernizou a supervisão, padronizou variáveis e estabeleceu conectividade confiável entre os CLPs.

Com a adoção de um sistema supervisório robusto, coleta de dados em SQL, telas gráficas amplas e reorganização lógica dos endereços, criou-se uma infraestrutura digital compatível com os pilares da Indústria 4.0. Os benefícios desta abordagem incluem maior estabilidade operacional, rastreabilidade completa, redução do tempo de diagnóstico e base sólida para análises avançadas.

Além disso, o sistema agora está preparado para evoluções como manutenção preditiva, digital twins, otimização energética e integração com plataformas corporativas de Business Intelligence (BI); avanços amplamente recomendados pela literatura recente do setor papeleiro (Trojanowska; Koch; Ivanov, 2018; Andritz, 2019; Valmet, 2019; Yang et al., 2021).

Portanto, o projeto não representou apenas uma solução técnica pontual, mas sim um passo fundamental para o posicionamento da planta rumo ao conceito de fábrica inteligente, aumentando competitividade, qualidade e eficiência operacional.

Referências

ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. **Relatórios técnicos e estatísticas. São Paulo**, 2025. Disponível em: https://www.abtcp.org.br. Acesso em: 25 set. 2025.

ANDRITZ AG. **Automation guidelines for pulp screening systems**. Graz: Andritz, 2019.

DELTA ELECTRONICS. **Programmable Logic Controllers – DVP-28 and AS300 Series**: Technical Specifications. Taipei: Delta Electronics, 2020.

ISA – International Society of Automation. ANSI/ISA-101.01. **Human-machine interface design for process automation systems**. North Carolina: ISA, 2015.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. Frankfurt: Acatech, 2013.

KANG, H. S.; LEE, J. Y.; CHOI, S.; KIM, H.; PARK, J. H.; SON, J. Y.; DO NOH, S. Smart manufacturing: past research, present findings, and future directions. **International Journal of Precision Engineering and**

Manufacturing – Green Technology, v. 3, n. 1, p. 111–128, 2016.

KADANT INC. **ScreenOne screening systems**: technical manual. Massachusetts: Kadant, 2020.

SMOOK, G. A. **Handbook for pulp and paper technologists**. 4. ed. Vancouver: Angus Wilde Publications, 2016.

VALMET CORPORATION. **Digitalization in pulp and paper industry**: improving efficiency and sustainability. Helsinki: Valmet, 2019.

VALMET CORPORATION. **Pressure screening and flow optimization in tissue lines**. Helsinki: Valmet, 2019.

TROJANOWSKA, J.; KOCH, T.; IVANOV, V. A. Industry 4.0 concepts in the pulp and paper sector. **Journal of Machine Engineering**, v. 18, n. 4, p. 132–145, 2018.

Encostas Urbanas e Soluções Baseadas na Natureza: Mitigação de Deslizamentos no Litoral Norte de São Paulo

Brenno Augusto Marcondes Versolatto[1]
João Alexandre Paschoalin Filho[2]

Em fevereiro de 2023, mais de 680 mm de chuva caíram sobre São Sebastião em apenas 24 horas. O solo da Serra do Mar, já fragilizado por décadas de ocupação urbana desordenada e supressão da vegetação nativa, não resistiu: encostas inteiras deslizaram, casas foram soterradas e 64 pessoas perderam a vida.

Episódios como esse, que se repetem com frequência crescente ao longo do litoral norte paulista, colocam em evidência uma pergunta central para o planejamento urbano contemporâneo: *é possível conviver com a Serra do Mar sem depender exclusivamente de muros de contenção e obras corretivas, construídas depois que a tragédia já aconteceu?*

Este capítulo explora essa pergunta a partir de um caso real de deslizamento em um condomínio residencial na Praia do Camburi, articulando a análise técnica do evento com a discussão sobre Soluções Baseadas na Natureza (SbN), as quais consistem em estratégias que usam a própria vegetação, o relevo e os processos ecológicos como aliados na prevenção de riscos geotécnicos. Ao final, este estudo propõe um repertório de intervenções aplicável à realidade do litoral norte de São Paulo e discutir como podem ser incorporadas ao planejamento territorial das cidades da região.

Os deslizamentos de encostas urbanizadas estão entre as expressões mais dramáticas dos riscos socioambientais no Brasil. No litoral norte de São Paulo, a Serra do Mar reúne um conjunto de condições naturalmente propensas a escorregamentos: rochas intemperizadas, declividades superiores a 30%, solos residuais espessos e clima tropical superúmido (Ross; Fierz, 2018). A urbanização acelerada agrava esse quadro, pois a impermeabilização,

[1] Doutorando – Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis, Universidade Nove de Julho (UNINOVE). *E-mail*: brennoversolatto@uni9.edu.br
[2] Professor Doutor – Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis, Universidade Nove de Julho (UNINOVE). *E-mail*: jalexandre@uni9.pro.br

a supressão vegetal, os cortes e aterros e a drenagem pluvial insuficiente elevam as pressões de água no solo e reduzem sua resistência ao cisalhamento (Zhang *et al*., 2021).

Vale destacar que as condições naturais da serra estabelecem a predisposição para esse tipo de evento, mas é a intervenção urbana que converte predisposição em risco efetivo. O deslizamento, portanto, não é um acidente geológico ao qual a cidade assiste, e sim o desfecho previsível de decisões de ocupação do solo tomadas anos antes.

Nesse contexto, entre 2013 e 2023, Caraguatatuba, São Sebastião e Ubatuba registraram mais de 1.200 escorregamentos, concentrados justamente nas declividades acima de 30% (CEMADEN, 2023), e entre 18% e 22% das moradias desses municípios estão hoje em áreas de alto ou muito alto risco geotécnico (IPT, 2022).

O ponto de inflexão foi o desastre de fevereiro de 2023 em São Sebastião, quando mais de 680 mm de chuva caíram em 24 horas e 64 pessoas morreram. Este evento expôs a insuficiência das respostas puramente reativas e deu força às Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e à infraestrutura verde e azul como estratégias preventivas, capazes de gerar simultaneamente proteção geotécnica e cobenefícios ambientais (Defesa Civil do Estado de São Paulo, 2023; IPCC, 2023).

É esse o encontro entre a engenharia geotécnica e o planejamento territorial que este capítulo explora a partir de um caso real de deslizamento na Praia do Camburi.

O papel da vegetação e das soluções baseadas na natureza (SbN)

A vegetação nativa contribui para a estabilidade de encostas por dois mecanismos complementares. O primeiro é mecânico e consiste nas raízes profundas de espécies da Mata Atlântica, como *Euterpe edulis, Cedrela fissilis* e *Tibouchina granulosa* (Souza; Luna, 2008), que aumentam a coesão aparente do solo entre 2 kPa e 15 kPa (Wu *et al*., 2023), um ganho relevante, já que se aproxima da própria coesão dos solos coluvionares da Serra do Mar, que varia entre 5 e 15 kPa.

O segundo mecanismo é o hidrológico, ou seja, a cobertura vegetal intercepta a chuva, favorece a evapotranspiração e permite que a água se infiltre de forma gradual. Quando essa cobertura é suprimida, o escoamento superficial se intensifica e as camadas mais rasas do solo saturam com mais facilidade (Huang; Fan, 2022). O caso de Caraguatatuba ilustra bem esse efeito. A conversão de Mata Atlântica em área urbana entre 2009 e 2019 alterou visivelmente o regime hidrológico local (Carvalho *et al*., 2023), e

modelos como SHALSTAB e SINMAP confirmam a cobertura vegetal como uma das variáveis mais relevantes na distribuição espacial do risco (Duz *et al*., 2023).

As Soluções Baseadas na Natureza (SbN) mobilizam esses mesmos processos ecológicos para enfrentar riscos urbanos, complementando ou substituindo preventivamente estruturas convencionais de engenharia, com cobenefícios de regulação hídrica, sequestro de carbono e biodiversidade (IPCC, 2023). Elas se dividem em duas famílias: a infraestrutura verde, que reúne revegetação, faixas vegetadas, biovaletas, matas ciliares e telhados verdes; e a infraestrutura azul, voltada a drenagens naturais, wetlands e retenção pluvial (Artaxo *et al*., 2022).

Encostas com cobertura vegetal densa apresentam suscetibilidade significativamente menor a deslizamentos, mesmo sob chuvas extremas (Li *et al*., 2023). A evidência, portanto, já está consolidada na literatura internacional; o que permanece incipiente é sua tradução em instrumentos de planejamento no Brasil, sobretudo em ambientes litorâneos tropicais (Cunha; Furlan, 2023). Essa defasagem não se explica por falta de conhecimento técnico, mas pela forma como o risco geotécnico é tratado no licenciamento, isto é, como um problema a ser resolvido por obra, e não como um parâmetro de projeto a ser observado desde a concepção do empreendimento.

Para explorar essa lacuna, este capítulo utilizou três frentes de trabalho. A primeira foi uma revisão bibliográfica nas bases *Scopus*, *Web of Science* e *SciELO*, realizada entre os meses de janeiro e março de 2026, que partiu de 187 estudos identificados a partir de descritores combinados sobre estabilidade de encostas, coesão radicular e soluções baseadas na natureza, dos quais 64 foram selecionados como diretamente relevantes após a leitura de títulos, resumos e, nos casos pertinentes, do texto integral. A segunda foi a análise técnico-documental de um caso real de deslizamento, apoiada em sondagens a percussão SPT, levantamentos topográficos e relatórios técnicos da Geoconceito Engenharia Consultiva Ltda., cujas análises de estabilidade seguiram o método de *Morgenstern-Price*, conforme a ABNT NBR 11682:2009, com o software Slide 6.0. A terceira foi a proposição de uma tipologia de SbN que integra os achados das duas primeiras.

Um deslizamento real: o caso do condomínio na Praia do Camburi

O evento e o cenário geotécnico

O caso estudado é um condomínio residencial de alto padrão na Praia do Camburi, São Sebastião/SP (Figura 1), implantado em encosta da Serra do Mar de elevada declividade e histórico de instabilidade (Versolatto;

Paschoalin Filho, 2023). Em fevereiro de 2023, chuvas superiores a 680 mm em 24 horas desencadearam ali um escorregamento translacional superficial. Uma camada fina de solo coluvionar deslizou sobre os solos residuais subjacentes, superficialmente, em vez de o maciço inteiro ceder de uma só vez. O movimento evoluiu para um fluxo de detritos que atingiu edificações a jusante (Defesa Civil do Estado de São Paulo, 2023).

Figura 1 – Localização do empreendimento residencial na Praia do Camburi, São Sebastião/SP.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Não houve nenhuma condição geológica excepcional por trás da ruptura, uma vez que o comportamento observado era esperado sob saturação crítica, em um terreno que já reunia os fatores indicativos de sua instabilidade. Três fatores se somaram para produzi-la: a geomorfologia local, alterações na geometria do talude e a supressão da vegetação, justamente na porção inferior da encosta, o setor mais crítico para o equilíbrio do maciço. Juntos, eles comprometeram os mecanismos naturais de regulação hídrica e coesão radicular que, até então, atuavam ali como estabilizadores, mantendo o maciço em uma condição de equilíbrio limite.

O que revelam as sondagens

Sondagens a percussão (SPT) ao longo da área, com profundidades entre 0,50 m e 6,82 m e nível d'água a cerca de 2,50 m, identificaram um perfil típico de quatro camadas sobrepostas. Convém lembrar em que consiste esse

ensaio: no SPT (*Standard Penetration Test*), um amostrador padronizado é cravado no terreno pela queda repetida de um peso, registrando-se o número de golpes necessários para avançar cada 30 cm de profundidade — quanto maior esse número (Nspt), mais compacto e resistente é o material atravessado.

No caso estudado, as sondagens revelaram, de cima para baixo: (i) um colúvio superficial (COag), com espessura entre 1,5 m e 3,0 m, formado por material transportado gravitacionalmente ao longo da própria encosta e, por isso, pouco consolidado; (ii) uma camada de sedimentos marinhos de transição, herdada de antigas oscilações do nível do mar; (iii) um solo de alteração de rocha, resultante da decomposição in situ do substrato e já bastante mais resistente; e (iv) o topo rochoso propriamente dito, encontrado a profundidades superiores a 5,0 m. A Tabela 1 resume os parâmetros geotécnicos adotados nas análises.

Tabela 1 – Parâmetros geotécnicos adotados nas análises de estabilidade.

Material	**Nspt (golpes/30cm)**	**Peso esp. natural (kN/m³)**	**Coesão (kPa)**	**Ângulo de atrito (°)**
COag – Colúvio argiloso	1 a 4	17	15	15
SM – Sedimento marinho	3 a 8	18	5	28
SARsiar – Solo de alt. de rocha	7 a 20	19	15	28
Topo Rochoso	> 50	30	200	45

Fonte: Adaptado pelos autores (Geoconceito Engenharia Consultiva Ltda., 2023).

O contraste entre os parâmetros de resistência da camada superficial de colúvio e do topo rochoso consiste no principal fator de suscetibilidade à ruptura. Um material com apenas 15 kPa de coesão e 15° de atrito, como o colúvio superficial, é comparativamente frágil em relação ao topo, o qual se comporta praticamente como um corpo rígido. Ao saturar-se, a camada superficial perde ainda mais resistência, e a diferença de comportamento entre

as camadas favorece a ruptura na interface entre elas (Gerscovich, 2016). Em termos práticos, a interface entre as camadas menos resistentes e as de maior resistência funciona como um plano preferencial de escorregamento.

Por que a encosta rompeu: o que dizem os números?

As análises de estabilidade, pelo método de *Morgenstern-Price*, que considera tanto as forças normais quanto as cisalhantes atuantes em diferentes fatias do maciço, avaliaram superfícies de ruptura não circulares sob condição natural e condição saturada (Duncan; Wright, 2005). Na condição saturada, que corresponde ao evento de 2023, o Fator de Segurança (FS) obtido foi de 1,24. Destaca-se que o FS expressa a razão entre a força que resiste à ruptura e a que tende a provocá-la: FS = 1 marca o limiar entre estabilidade e ruptura, sendo que a ABNT NBR 11682 exige FS mínimo de 1,40 para o nível de segurança no local em estudo, logo, o talude estava efetivamente com condições de segurança insuficientes.

A superfície de ruptura, rasa e concentrada na interface entre o colúvio e os solos residuais, confirma que a queda do FS resultou da elevação das pressões de água pela infiltração da chuva, que reduziu a sucção matricial e a resistência ao cisalhamento das camadas superficiais (Rahardjo *et al*., 2007; Geoconceito Engenharia Consultiva Ltda., 2023), mecanismo que tende a se agravar com as mudanças climáticas (Nobre *et al*., 2023). Isso significa que o FS de 1,24 não deve ser lido como um retrato estável: se a frequência de chuvas de alta intensidade aumenta, a condição saturada deixa de ser um cenário excepcional de cálculo e passa a ser recorrente ao longo da vida útil do empreendimento.

A solução estrutural adotada e seus limites

A estabilização executada após o evento adotou a técnica de solo grampeado. Nela, barras de aço são introduzidas no interior do maciço, transversalmente à possível superfície de ruptura, e solidarizadas ao terreno por injeção de calda de cimento, funcionando como uma costura que transfere para camadas mais resistentes os esforços que a camada superficial não consegue suportar.

No caso, foram empregadas barras CA-50 de 16 mm de diâmetro, dispostas em malha de 1,5 m x 1,5 m e com comprimentos entre 4,0 m e 6,0 m, complementadas por geomantas (mantas que revestem a superfície do talude, contendo a erosão e favorecendo o restabelecimento da vegetação) e por um sistema de drenagem superficial e subsuperficial.

Recalculada a estabilidade com essas intervenções, a nova análise indicou FS = 1,43, portanto acima do mínimo normativo de 1,40 (Geoconceito Engenharia Consultiva Ltda., 2023). A solução é, assim, tecnicamente eficaz. Seu limite não é de desempenho, mas de oportunidade: trata-se de uma medida corretiva, concebida e executada apenas depois de o dano ter ocorrido, e que por isso mobiliza equipamentos, materiais e prazos de obra em condições adversas, com maior custo executivo, financeiro e ambiental do que uma abordagem preventiva teria exigido (Gerscovich, 2016).

O quanto a vegetação poderia ter ajudado: um exercício de cálculo

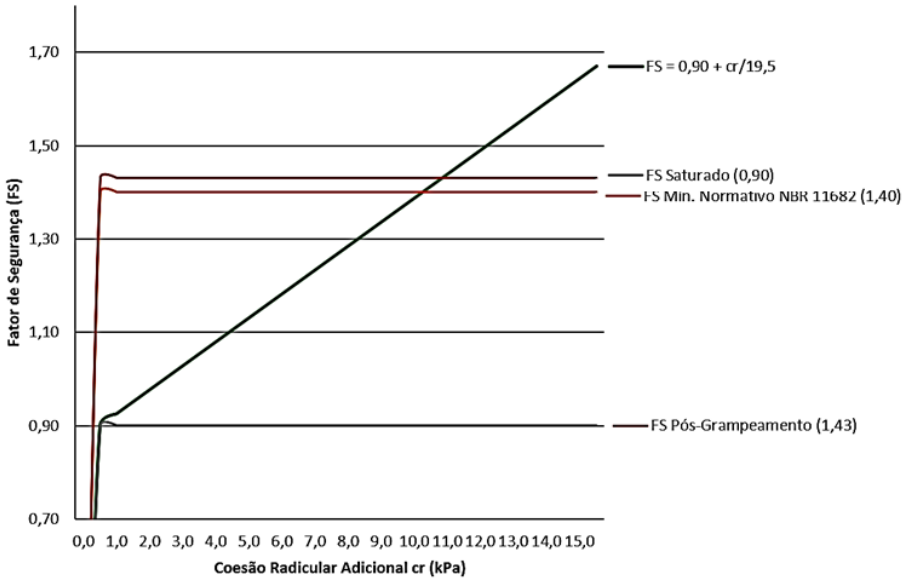
O quanto a vegetação suprimida na porção inferior da encosta poderia ter contribuído para essa mesma estabilidade? Um modelo de equilíbrio-limite para taludes rasos infinitos permite estimar esse ganho: $\Delta FS = c_r / (\gamma \cdot z \cdot \text{sen}\ \beta \cdot \cos \beta)$, em que o incremento de coesão radicular (c_r) se soma à coesão do solo no critério de Mohr-Coulomb, e o denominador expressa o peso do solo mobilizado, dado pelo peso específico (γ), pela espessura da camada instável (z) e pela inclinação da encosta (β) (Wu *et al*., 1979).

Com os parâmetros do caso ($\gamma \approx 18$ kN/m³, $z \approx 2{,}5$ m, $\beta \approx 30°$), a tensão cisalhante mobilizada é de cerca de 19,5 kPa. Esse valor representa o esforço que efetivamente tende a fazer a camada superficial escorregar; é contra ele que qualquer ganho de coesão precisa ser comparado. Considerando um incremento de coesão radicular entre 2 kPa e 15 kPa (faixa conservadora frente aos 6,8 a 94,3 kPa reportados por Schmidt *et al*., 2001), o ganho potencial de FS varia entre 0,10 e 0,77 (Figura 2).

Em números concretos: no cenário mais conservador, o FS evoluiria de 1,24 para 1,34; um incremento de apenas 3 a 4 kPa já seria suficiente para atingir o mínimo normativo de 1,40, patamar comparável ao FS = 1,43 obtido com o grampeamento instalado; e, no limite superior da faixa, o FS ultrapassaria 2,0, superando a própria solução estrutural. Esses números são corroborados por Chok *et al*. (2015), que confirmam, por elementos finitos, incrementos de FS de até 24% em condições equivalentes.

Trata-se de um exercício ilustrativo, não de uma prova de equivalência mecânica plena entre raízes e barras de aço; as SbN devem ser entendidas como medida preventiva ou complementar, não substituta, em situações de risco já deflagrado. Ainda assim, a magnitude do ganho justifica tratar a vegetação nativa como ativo técnico de gestão de risco geotécnico, e não apenas como valor paisagístico.

Figura 2 – Sensibilidade do fator de segurança ao incremento de coesão radicular (cr).



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Lições para o planejamento urbano

O caso revela uma lacuna estrutural no licenciamento ambiental municipal, e é importante compreender exatamente onde ela está. Há uma percepção difundida de que o risco geotécnico é um problema restrito a assentamentos precários, autoconstruídos e sem acompanhamento técnico.

O condomínio do Camburi mostra que essa leitura é incompleta: trata-se de um empreendimento de alto padrão, licenciado e formalmente regularizado, que ainda assim rompeu. A vulnerabilidade geotécnica, portanto, não decorre apenas da informalidade, mas também da ausência de avaliação, no momento da aprovação, da compatibilidade entre o uso pretendido e as condições reais do terreno (Klein; Berreta, 2023).

Em outras palavras, a licença atesta a conformidade do projeto com as normas urbanísticas e ambientais vigentes, mas não necessariamente examina se o terreno, com determinada declividade, perfil de solo e regime de chuvas, suporta a ocupação proposta. Isso reforça a necessidade de incorporar análises geotécnicas ao licenciamento ambiental e de explicitar critérios geotécnicos nos Planos Diretores e nos Planos de Redução de Riscos, hoje

frequentemente ausentes (CEMADEN, 2023), com prioridade para as populações socialmente vulneráveis instaladas em encostas de risco.

Há aqui uma assimetria que merece registro. O empreendimento do Camburi dispunha de recursos para custear a contenção corretiva depois do evento, alternativa que não existe para a maior parte das ocupações em encosta da região. Para essas, a prevenção não é a opção mais econômica: é a única viável.

Soluções baseadas na natureza para o litoral norte paulista: um repertório possível

Para o caso do Camburi, a revisão bibliográfica e as características geomorfológicas, climáticas e urbanas do litoral norte paulista permitem propor uma tipologia de SbN organizada por função geotécnica e por aplicabilidade em contextos urbanos costeiros. Ela dialoga com as classificações internacionais já consolidadas (Cohen-Shacham *et al*., 2016), mas avança em um ponto ainda ausente nessas referências: articula o diagnóstico geotécnico quantitativo de um evento real aos instrumentos de planejamento já disponíveis aos municípios da região.

As tipologias internacionais organizam as SbN por serviço ecossistêmico ou por escala de intervenção; a proposta aqui é organizá-las pela função geotécnica que desempenham e pelo instrumento normativo capaz de torná-las exigíveis, deslocamento que transforma um catálogo de boas práticas em uma matriz de decisão para o gestor municipal. A Tabela 2 sintetiza as principais intervenções propostas.

Entre as intervenções listadas, a revegetação com espécies nativas de raiz profunda é a de maior impacto geotécnico direto e menor custo, aplicável a encostas entre 20° e 40°, sobretudo em áreas de supressão recente. As demais linhas da Tabela 2 seguem a mesma lógica funcional: faixas vegetadas e biovaletas atuam sobre o escoamento superficial, matas ciliares sobre a infraestrutura azul, e telhados verdes e sistemas agroflorestais sobre a urbanização mais densa, cada uma associada a um instrumento de planejamento já existente (Plano Diretor, PRR, zoneamento, código de obras ou REURB) que pode incorporá-la formalmente. A escolha entre elas depende da declividade, do grau de urbanização, das características geotécnicas do material e do regime pluviométrico local.

Do ponto de vista da governança, o desafio é de natureza institucional, não técnica. As soluções aqui descritas já são conhecidas e testadas; o que falta é o mecanismo que as torne obrigatórias. Enquanto permanecerem como

recomendação de boas práticas, dependerão da sensibilidade individual de cada empreendedor ou projetista.

Tabela 2 – Tipologia de SbN para encostas urbanas no litoral norte paulista.

Tipo de SbN	**Contexto de aplicação**	**Função geotécnica principal**	**Cobenefícios urbanos**	**Instrumento de integração**
Revegetação com espécies nativas	Encostas 20° a 40°, supressão recente	Coesão radicular e ancoragem	Biodiversidade, microclima	Plano Diretor, PRR
Faixas de amortecimento vegetadas	Taludes em cotas intermediárias	Redução de escoamento superficial	Barreira de sedimentos	Zoneamento ecológico
Biovaletas e jardins de chuva	Vias em áreas urbanizadas	Infiltração e retardo pluvial	Uso racional da água	Código de obras, licenciamento
Recomposição de matas ciliares	Margens de cursos d'água	Estabilização de margens	Qualidade hídrica	PRR, APP
Telhados e jardins verdes	Área densamente urbanizada	Redução do pico de escoamento	Eficiência energética	Código de obras
Sistemas agroflorestais	Assentamentos em encosta	Cobertura permanente do solo	Produção alimentar, renda	REURB, habitação social

Fonte: Elaborado pelos autores com base na revisão bibliográfica e no estudo de caso (2026).

O caminho, portanto, é convertê-las em exigência formal do licenciamento ambiental em encosta, com parâmetros verificáveis, percentual mínimo de cobertura vegetal a ser preservado ou recomposto, sobretudo no terço inferior do talude, e capacidade mínima do sistema de drenagem, definidos e conferidos antes da aprovação dos projetos.

Vale repetir, no entanto, que as SbN não substituem estruturas de contenção onde o risco já está deflagrado. Sua função está em atuar preventivamente, desde a concepção dos empreendimentos, exatamente o momento em que o caso do Camburi mostrou que a decisão foi insuficiente.

Considerações finais

O caso do Camburi sintetiza o argumento deste capítulo. O fator de segurança de 1,24 — caracterizando a instabilidade da encosta — e o ganho estimado entre 0,10 e 0,77 que a vegetação suprimida poderia ter oferecido, — fsuficiente, no limite superior, para superar o FS = 1,43 alcançado com o grampeamento metálico — mostram que a cobertura vegetal é um ativo técnico de gestão de risco geotécnico. Além disso, revela que sua eliminação sem critério tem um custo de oportunidade concreto. Portanto, engenharia geotécnica, planejamento territorial e governança ambiental urbana precisam deixar de operar em paralelo.

Como toda reflexão ancorada em um caso único, este capítulo tem limitações que merecem ser reconhecidas: a base empírica restringe-se a um único evento, o que impede generalizações estatísticas para o conjunto do litoral norte; os valores de coesão radicular foram estimados a partir da literatura internacional, e não medidos na vegetação originalmente presente no local, de modo que os ganhos de fator de segurança calculados devem ser lidos como ordens de magnitude, e não como valores precisos; e a tipologia proposta ainda tem caráter conceitual, carecendo de validação numérica e de aplicação-piloto que permita aferir seu desempenho em campo.

Essas lacunas apontam, ao mesmo tempo, os próximos passos da agenda de pesquisa, ou seja, validar a tipologia por modelagem físico-baseada (como TRIGRS), conduzir retroanálises de casos instrumentados e realizar avaliação de custo-benefício das SbN, consolidando o diálogo entre geotecnia urbana e sustentabilidade territorial que este capítulo procurou iniciar.

Referências

ARTAXO, Paulo *et al*. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682: **estabilidade de encostas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

CARVALHO, A. *et al*. Expansão urbana e supressão de Mata Atlântica no Litoral Norte paulista: análise multitemporal (2009-2019). **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 75, n. 2, p. 112-130, 2023.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **Relatório de ocorrências de escorregamentos no estado de São Paulo**: 2013-2023. São José dos Campos: CEMADEN, 2023.

CHOK, Y. H. *et al*. Assessing the influence of root reinforcement on slope stability by finite elements. **International Journal of Geo-Engineering,** v. 6, n. 1, p. 12, 2015.

COHEN-SHACHAM, E. *et al*. (ed.). **Nature-based solutions to address global societal challenges**. Gland: IUCN, 2016.

CUNHA, A.; FURLAN, S. Gestão hídrica e conflitos territoriais na Ilha de São Sebastião. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, v. 27, n. 1, e-213, 2023.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório do evento extremo de São Sebastião** – fevereiro de 2023. São Paulo: Defesa Civil, 2023.

DUNCAN, J. M.; WRIGHT, S. G. **Soil strength and slope stability**. Hoboken: Wiley, 2005.

DUZ, M. *et al*. Comparação entre os modelos SHALSTAB e SINMAP na análise de suscetibilidade a escorregamentos rasos em Caraguatatuba/SP. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 1, e2023, 2023.

GEOCONCEITO ENGENHARIA CONSULTIVA LTDA. **Memorial de cálculo geotécnico – Empreendimento Camburi**, São Sebastião/SP. São Paulo: Geoconceito, 2023. Relatório técnico interno.

GERSCOVICH, Denise Maria Soares. **Estabilidade de taludes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

HUANG, R.; FAN, X. The role of hydrology in landslide initiation: recent advances and perspectives. **Earth-Science Reviews,** v. 226, p. 103942, 2022.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – **IPT. Setores de risco geotécnico nos municípios de São Sebastião e Caraguatatuba**. São Paulo: IPT, 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate change 2023: synthesis report**. Genebra: IPCC, 2023.

KLEIN, A.; BERRETA, J. Riscos ambientais e planejamento urbano em áreas sensíveis. **Ambiente & Sociedade**, v. 26, e01234, 2023.

LI, X. *et al*. Hydro-mechanical coupling effects on slope stability under extreme rainfall. **Engineering Geology**, v. 317, p. 106998, 2023.

NOBRE, C. A. *et al*. Mudanças climáticas e riscos ambientais no Brasil: desafios contemporâneos. **Estudos Avançados**, v. 37, n. 108, p. 45-62, 2023.

RAHARDJO, H. *et al*. Effects of antecedent rainfall on pore-water pressure distribution characteristics in residual soil slopes under tropical rainfall. **Hydrological Processes**, v. 21, n. 10, p. 1349-1357, 2007.

ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. S. M. **Serra do Mar: compartimentação geomorfológica e dinâmica de processos**. In: ROSS, J. L. S. (org.). Geografia do Brasil. 7. ed. São Paulo: Edusp, 2018.

SCHMIDT, K. M. *et al*. The variability of root cohesion as an influence on shallow landslide susceptibility in the Oregon Coast Range. **Canadian Geotechnical Journal,** v. 38, n. 5, p. 995-1024, 2001.

SOUZA, C. R. G.; LUNA, G. C. Fisionomia e dinâmica da vegetação de encostas no Litoral Norte de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, v. 29, n. 1-2, p. 1-18, 2008.

VERSOLATTO, B. A. M.; PASCHOALIN FILHO, J. A. Ocupação de encostas na Serra do Mar: avaliação geotécnica e implicações ao planejamento territorial. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 5., 2023. **Anais** [...]. São Paulo: UNINOVE, 2023.

WU, T. H.; MCKINNELL, W. P.; SWANSTON, D. N. Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska. **Canadian Geotechnical Journal**, v. 16, n. 1, p. 19-33, 1979.

WU, Y. *et al*. Rainfall infiltration and slope failure mechanisms in tropical regions. **Journal of Hydrology**, v. 620, p. 129456, 2023.

ZHANG, L. *et al*. **Effects of land use change on slope stability in humid regions.** Catena, v. 203, p. 105302, 2021.

Análise de Desempenho Paralelo do LAMMPS utilizando OpenMP e MPI em Simulações Baseadas no Potencial de Lennard-Jones

***Dennis Alves Pedersen*[1]**
***Fábio Andrijauskas*[2]**
***Paulo Henrique Leme Ramalho*[3]**

Introdução

A Computação de Alto Desempenho (HPC) tornou-se essencial para aplicações científicas que demandam elevado poder computacional, especialmente em áreas que envolvem modelagem numérica, processamento massivo de dados e simulações físicas complexas. Nesse contexto, a Dinâmica Molecular (DM) destaca-se como uma importante técnica computacional utilizada para investigar o comportamento de sistemas atômicos e moleculares por meio da resolução numérica das equações de movimento das partículas ao longo do tempo. Entretanto, o elevado número de interações intermoleculares calculadas continuamente torna essas simulações altamente custosas do ponto de vista computacional, exigindo o uso de arquiteturas paralelas para viabilizar execuções em larga escala.

Entre os modelos empregados em DM, o potencial de Lennard-Jones destaca-se por sua ampla utilização em benchmarks computacionais devido à sua simplicidade matemática e eficiência na representação de forças atrativas e repulsivas entre partículas. Associado a ferramentas computacionais paralelas, como o LAMMPS (Large-scale Atomic/Molecular Massively Parallel Simulator), esse modelo permite investigar o comportamento de estratégias de paralelização em ambientes HPC, especialmente em arquiteturas multicore e distribuídas.

Nesse cenário, diferentes paradigmas de paralelização são empregados para reduzir o tempo de execução das simulações. O OpenMP

[1] Discente do curso de Engenharia de Software – Universidade São Francisco. *E-mail*: dennisfamiliapedersen@gmail.com.
[2] Doutor em Computação de Alto Desempenho. Docente na Universidade São Francisco. *E-mail*: fabio.andrijauskas@usf.edu.br.
[3] Mestrando em Ciência de Dados em Saúde. Docente na Fatec Bragança Paulista. *E-mail*: paulo.oph@hotmail.com.

explora paralelismo em memória compartilhada por meio de múltiplas threads, enquanto o MPI (Message Passing Interface) utiliza comunicação explícita entre processos em ambientes distribuídos. Embora ambos sejam amplamente utilizados em aplicações científicas, diferenças relacionadas à comunicação, sincronização e gerenciamento de memória impactam diretamente o desempenho computacional das simulações.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo analisar o desempenho e a escalabilidade do simulador LAMMPS utilizando o benchmark de fusão de Lennard-Jones em diferentes estratégias de paralelização baseadas em OpenMP e MPI. Para isso, são avaliadas métricas como tempo de execução, speedup, eficiência paralela e consumo de memória, buscando compreender o impacto dos diferentes modelos de paralelismo em ambientes de HPC.

Computação de alto desempenho

A crescente complexidade das aplicações científicas e de engenharia impulsionou o uso da HPC, baseada na execução paralela de tarefas em múltiplos processadores. Sistemas HPC utilizam arquiteturas compostas por múltiplos núcleos e nós computacionais interconectados, permitindo resolver problemas de elevada complexidade com maior eficiência e menor tempo de execução (Gabardo, 2024).

Desta forma, os clusters computacionais tornaram-se uma solução amplamente utilizada devido à sua escalabilidade e viabilidade econômica. Segundo Shirley (2018), clusters baseados em hardware commodity, conhecidos como Beowulf clusters, permitem acesso a maior poder computacional utilizando computadores interligados por redes de alta velocidade.

Os principais modelos de paralelização empregados em ambientes HPC são OpenMP e MPI. O OpenMP explora paralelismo em memória compartilhada por meio da execução simultânea de múltiplas threads em um mesmo nó computacional. Já o MPI (Message Passing Interface) utiliza troca explícita de mensagens entre processos distribuídos, sendo amplamente empregado em sistemas de memória distribuída devido à sua portabilidade e eficiência (Pereira, 2020).

Arquiteturas híbridas combinando MPI e OpenMP tornaram-se comuns em aplicações científicas modernas, permitindo explorar paralelismo intra e inter-nó simultaneamente. Segundo Yviquel et al. (2022), essa abordagem reduz a complexidade do desenvolvimento paralelo e melhora a escalabilidade em clusters HPC.

Dinâmica Molecular e Potenciais Interatômicos

A DM é uma técnica computacional utilizada para simular o movimento de partículas ao longo do tempo por meio da resolução numérica das equações de movimento de Newton. Nesse método, átomos ou moléculas interagem por meio de potenciais matemáticos que descrevem forças de atração e repulsão, permitindo analisar propriedades físicas e comportamentos dinâmicos de sistemas moleculares. Segundo Gelpi *et al*. (2015), a dinâmica molecular tornou-se uma ferramenta amplamente utilizada em aplicações científicas devido à sua capacidade de representar sistemas complexos em escala microscópica.

O avanço das arquiteturas computacionais permitiu a execução de simulações cada vez maiores e mais detalhadas, aumentando significativamente o custo computacional associado ao cálculo das interações entre partículas. Em aplicações de larga escala, milhões de interações precisam ser avaliadas continuamente durante milhares de passos temporais, tornando a computação paralela fundamental para reduzir o tempo de processamento.

Nesse contexto, ferramentas como o LAMMPS destacam-se por oferecer suporte à execução paralela em ambientes HPC utilizando MPI e OpenMP. Soluções modernas voltadas à escalabilidade, como o modelo LAMMPS-KOKKOS, permitem explorar arquiteturas multicore e aceleradores computacionais para melhorar o desempenho de simulações científicas em larga escala (Johansson et al., 2025).

O potencial de Lennard-Jones (LJ) é um dos modelos matemáticos mais utilizados em dinâmica molecular para representar interações não ligadas entre partículas. O modelo descreve o equilíbrio entre forças repulsivas de curto alcance e forças atrativas de longo alcance, sendo amplamente empregado em simulações atomísticas e benchmarks computacionais devido à sua simplicidade e eficiência computacional (Allen; Tildesley, 2017; Frenkel; Smit, 2002). Este potencial é definido pela seguinte equação:

$$\boldsymbol{V(r) = 4\varepsilon\left[\left(\frac{\sigma}{r}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r}\right)^{6}\right]}$$

onde $\boldsymbol{V(r)}$ representa a energia potencial entre duas partículas separadas por uma distância $\boldsymbol{r}$, $\boldsymbol{\varepsilon}$ corresponde à intensidade da interação atrativa e $\boldsymbol{\sigma}$ representa a distância na qual o potencial é nulo. O termo elevado a 12 modela a repulsão entre partículas próximas, enquanto o termo elevado a 6 representa as forças atrativas de van der Waals (Jones, 1924).

Em simulações de dinâmica molecular, o potencial LJ é fortemente utilizado no cálculo das forças intermoleculares. Como essas interações precisam ser avaliadas continuamente para um grande número de partículas, o custo computacional associado torna-se significativo, exigindo o uso de técnicas de paralelização em ambientes HPC. Sendo assim, modelos baseados em LJ são frequentemente empregados em softwares como o LAMMPS para avaliação de desempenho, escalabilidade e eficiência paralela em arquiteturas multicore e distribuídas (Allen; Tildesley, 2017).

Ferramentas Computacionais para Simulação Molecular

A crescente demanda por simulações moleculares impulsionou o desenvolvimento de ferramentas computacionais capazes de explorar arquiteturas paralelas de alto desempenho. Dentre as opções, o LAMMPS destaca-se como uma das plataformas mais utilizadas para simulações de DM devido à sua flexibilidade, escalabilidade e suporte a diferentes modelos físicos e potenciais interatômicos.

O LAMMPS utiliza técnicas de paralelização baseadas em decomposição espacial e comunicação entre processos para distribuir o cálculo das interações moleculares em ambientes HPC, reduzindo significativamente o tempo de execução das simulações (Plimpton, 1995). Além disso, arquiteturas modernas do software incorporam suporte a MPI, OpenMP e aceleradores computacionais, permitindo melhor aproveitamento de sistemas multicore e ambientes distribuídos de larga escala (Johansson et al., 2025).

Devido à sua eficiência computacional e ampla adoção na comunidade científica, o LAMMPS tornou-se uma ferramenta consolidada para estudos de desempenho, escalabilidade e análise paralela em aplicações de DM.

Metodologia, Ambiente Experimental e Calibração da Carga de Trabalho (Workload)

O arcabouço metodológico deste estudo concentra-se na avaliação sistemática da escalabilidade e do desempenho paralelo do simulador LAMMPS, estabelecendo um comparativo rigoroso entre os paradigmas de paralelismo de memória compartilhada (OpenMP) e memória distribuída (MPI). Os testes foram executados em um único nó computacional para minimizar interferências de comunicação inter-nós e isolar os efeitos das estratégias de paralelização.

As simulações utilizaram potencial de Lennard-Jones 12-6, ensemble NVE, timestep de 0,005 e controle de seed para garantir reprodutibilidade experimental.

O protocolo iniciou-se com a caracterização do ambiente computacional no *cluster Lovelace* (CENAPAD-SP). O acesso foi estabelecido via *SSH* através do subsistema *Windows para Linux* (*WSL2*). Previamente às simulações, validou-se a integridade do ambiente através de comandos de diagnóstico (*hostname*, *module list*) e a verificação das capacidades integradas do binário do *LAMMPS* (lmp -h), assegurando a disponibilidade dos pacotes de aceleração necessários.

Como carga de trabalho (*benchmark*), adotou-se o teste de fusão de *Lennard-Jones* (*Lennard-Jones melt scaling test*). O sistema foi construído em uma rede cúbica de face centrada (FCC) com densidade reduzida de $p^* = 0{,}8442$. Para definir o cenário ideal de teste, realizou-se uma fase de calibração iterativa utilizando sistemas de diferentes escalas, conforme detalhado na tabela a seguir:

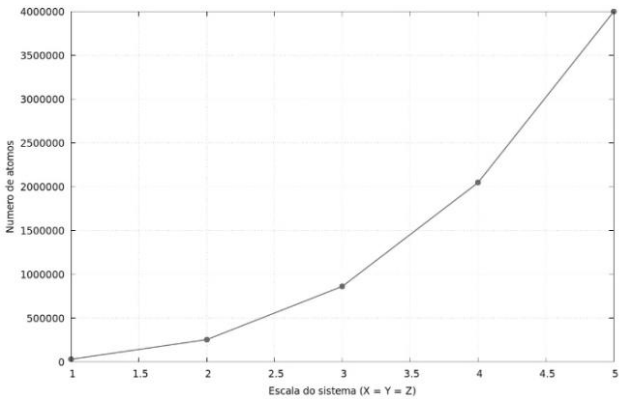
Tabela 1: Escalonamento do sistema para definição do baseline.

Grade (X,Y,Z)	Steps	Átomos	Memória reportada	Loop Time (s)	Status	Objetivo
1×1×1	1000	32.000	13,82 MB	18,275 s	OK	Teste inicial de conectividade e validação do script.
2×2×2	1000	256.000	87 MB	149,040 s	OK	Avaliação do crescimento da carga computacional.
3×3×3	1000	864.000	275,9 MB	504,423 s	OK	Calibração intermediária da escala do sistema.
4×4×4	350	2.048.000	638,4 MB	412,496 s	OK	Maior sistema viável dentro do limite de 1 GB; definido como baseline.
5×5×5	350	4.000.000	> 1 GB	—	Falhou por OOM	Teste descartado por exceder o limite de memória disponível.

Fonte: Autoria própria

Durante a etapa de calibração, foram executados testes progressivos variando-se a escala do sistema molecular por meio dos parâmetros X, Y e Z. Inicialmente, os testes 1×1×1, 2×2×2 e 3×3×3 foram conduzidos com 1000 passos de integração, permitindo observar o aumento do número de átomos, do consumo de memória e do tempo de execução. Para os cenários maiores, reduziu-se o número de passos para 350, com o objetivo de avaliar a viabilidade computacional dentro das restrições de memória impostas pelo ambiente de execução. O cenário 5×5×5, embora inicialmente considerado, excedeu o limite de memória disponível e falhou por OOM, sendo descartado como baseline experimental. Assim, o sistema 4×4×4, com aproximadamente 2 milhões de átomos, foi selecionado como carga de trabalho base para os testes comparativos entre Serial, OpenMP e MPI.

Figura 1: Gráfico de evolução do sistema



Fonte: Autoria própria

A Figura 1 ilustra o crescimento do número de átomos em função da escala do sistema. Observa-se aumento significativo do custo computacional e do consumo de memória à medida que as dimensões espaciais aumentam. Com base nos resultados de calibração, o sistema 4×4×4 foi definido como baseline experimental por apresentar equilíbrio entre representatividade computacional e viabilidade de execução.

Estratégias de Paralelização e Métricas de Desempenho

A comparação entre as estratégias MPI e OpenMP seguiu protocolos rigorosos de vinculação ao *hardware*. Na implementação MPI, as tarefas foram executadas via *mpirun* com 1, 2 e 4 processos. Utilizou-se o mapeamento explícito de processos aos núcleos físicos (*core binding*) para

evitar a migração de processos pelo sistema operacional, garantindo que a comunicação permanecesse local ao nó. Para a implementação OpenMP, o paralelismo de fios (*threads*) foi testado com 1, 2 e 4 *threads*. Para otimizar o desempenho, utilizou-se o pacote USER-OMP com o estilo de par *lj/cut/omp*.

A afinidade das *threads* foi rigorosamente controlada por meio de variáveis de ambiente para mitigar latências de memória e cache. A diretiva OMP_PLACES=cores restringiu o processamento aos núcleos físicos, enquanto OMP_PROC_BIND=spread promoveu a distribuição esparsa das *threads* no processador. A estratégia é determinante para maximizar a largura de banda de memória disponível por *thread* e elidir a contenção de recursos em arquiteturas *multi-core*.

O desempenho foi avaliado com base no *Loop Time* reportado pelo LAMMPS. A partir desta métrica, calcularam-se o *Speedup* (S) e a Eficiência Paralela (E):

1. **Speedup (S):** Razão entre o tempo de execução serial (T_8) e o tempo paralelo (T_p) para N núcleos ($S = \frac{T_8}{T_p}$).
2. **Eficiência (E):** Razão entre o *speedup* alcançado e o número de unidades de processamento utilizadas $\left(E = \frac{S}{N} \times 100\%\right)$.

Os dados brutos dos arquivos de *log* foram extraídos por *scripts* automatizados para a geração de curvas de escalonamento comparativas em relação ao escalonamento linear ideal.

Resultados

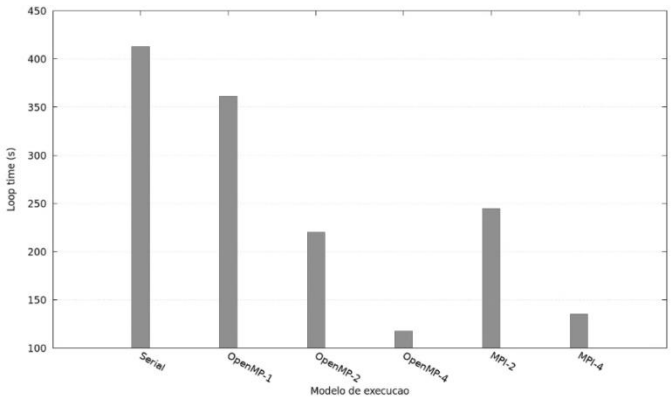
Tabela 2 – Desempenho das execuções do LAMMPS em diferentes modos de paralelização

Modo	Recursos	Átomos	Memória	Loop time (s)	Speedup	Eficiência (%)
Serial	1 proc	2.048.000	638,4 MB	412,696	1,00	100,0
OpenMP	1 thread	2.048.000	638,4 MB	361,352	1,14	114,0
OpenMP	2 threads	2.048.000	710,2 MB	220,000	1,88	94,0
OpenMP	4 threads	2.048.000	853,2 MB	117,750	3,50	87,6
MPI	2 procs	2.048.000	332,7 MB/rank	245,089	1,68	84,2
MPI	4 procs	2.048.000	169,4 MB/rank	134,982	3,06	76,4

Fonte: Autoria própria

A Tabela 2 apresenta a consolidação dos resultados obtidos a partir das execuções do LAMMPS nos diferentes modelos de paralelismo avaliados, incluindo execução serial, OpenMP e MPI. Observa-se que, para um sistema com aproximadamente 2 milhões de átomos, a execução serial apresentou tempo de processamento de 412,696 segundos, sendo utilizada como referência para o cálculo do speedup. A adoção de paralelismo resultou em reduções significativas no tempo de execução, com destaque para o modelo OpenMP com quatro threads, que atingiu o menor tempo de execução (117,750 s) e o maior speedup observado (3,50). O modelo MPI também apresentou ganhos relevantes, especialmente com quatro processos, alcançando speedup de 3,06, embora com eficiência inferior ao OpenMP. Em relação ao consumo de memória, observa-se que o OpenMP apresentou aumento progressivo conforme o número de threads, enquanto o MPI demonstrou melhor distribuição de memória por processo, evidenciando características distintas entre os modelos de paralelismo.

Figura 2: Gráfico de tempo de execução

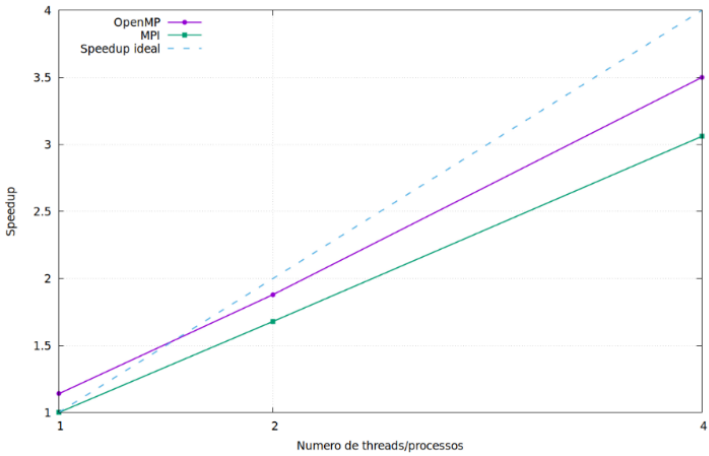


Fonte: Autoria própria

A Figura 2 apresenta o tempo de execução do LAMMPS para os diferentes modelos de paralelismo avaliados. Observa-se que a execução serial apresentou o maior tempo de processamento, com aproximadamente 412,696 segundos, servindo como referência para comparação. A introdução do paralelismo resultou em reduções significativas no tempo de execução, especialmente no modelo OpenMP, que apresentou comportamento escalável conforme o aumento do número de threads. Com quatro threads, o OpenMP atingiu o menor tempo observado (117,750 s), evidenciando elevado ganho de desempenho em ambiente de memória compartilhada. O modelo MPI também apresentou redução no tempo de execução em relação ao serial, alcançando

134,982 s com quatro processos, porém com desempenho inferior ao OpenMP na mesma configuração. Esse comportamento pode ser atribuído ao overhead de comunicação inerente ao modelo de memória distribuída, mesmo quando executado em um único nó.

Figura 3: Gráfico de Speedup.



Fonte: Autoria própria

A Figura 3 apresenta o speedup obtido para os modelos de paralelismo OpenMP e MPI em comparação ao baseline serial. Observa-se que ambos os modelos apresentam ganhos de desempenho com o aumento do número de threads/processos, porém com comportamentos distintos em relação à escalabilidade ideal.

O modelo OpenMP apresentou o melhor desempenho geral, atingindo speedup de aproximadamente 3,50 com quatro threads, valor próximo ao ideal teórico, indicando elevada eficiência paralela e bom aproveitamento dos recursos de processamento em ambiente de memória compartilhada.

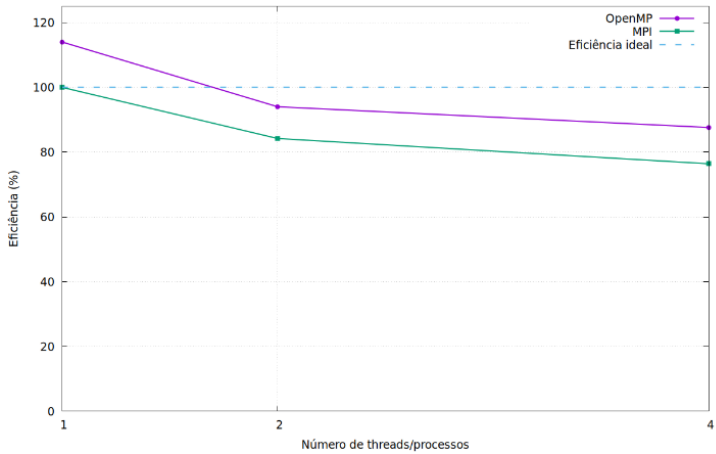
Por outro lado, o modelo MPI apresentou um speedup máximo de aproximadamente 3,06 com quatro processos, demonstrando ganhos relevantes, porém inferiores ao OpenMP. A diferença observada pode ser atribuída ao overhead de comunicação entre processos, característico do modelo de memória distribuída, no qual a comunicação explícita introduz custos adicionais, mesmo em execuções intra-nó.

Percebe-se que nenhum dos modelos alcança o *speedup* ideal, evidenciando a persistência de frações sequenciais e o impacto de *overheads*

de sincronização. O comportamento observado ratifica a Lei de Amdahl, a qual postula que o ganho de desempenho em sistemas paralelos é inerentemente limitado pela parcela não paralelizável do código. Consequentemente, o incremento de recursos computacionais resulta em retornos decrescentes de aceleração à medida que a fração serial se torna dominante.

Os resultados indicam que, para o cenário analisado, o modelo OpenMP apresenta melhor aproveitamento do paralelismo em arquiteturas de memória compartilhada, enquanto o MPI, embora eficiente, sofre maior impacto de overheads de comunicação, especialmente em escalas menores de paralelismo.

Figura 4: Eficiência paralela em OpenMP e MPI.



Fonte: Autoria própria

A Figura 4 apresenta a eficiência paralela dos modelos OpenMP e MPI em função do número de threads/processos utilizados. Ambos os modelos apresentam redução gradual da eficiência à medida que o grau de paralelismo aumenta, comportamento esperado em sistemas paralelos devido à presença de overheads de sincronização, comunicação e porções sequenciais do código.

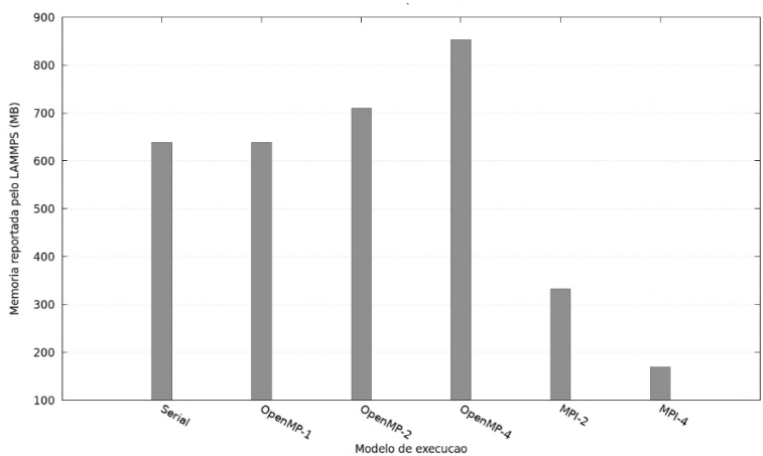
O modelo OpenMP apresentou os melhores resultados de eficiência em todas as configurações analisadas. Com duas threads, a eficiência foi de aproximadamente 94%, reduzindo para 87,6% com quatro threads. Esse comportamento indica bom aproveitamento dos recursos de processamento em ambiente de memória compartilhada, com impacto relativamente baixo de overhead.

Por outro lado, o modelo MPI apresentou eficiência inferior, com aproximadamente 84,2% para dois processos e 76,4% para quatro processos. A queda mais acentuada em relação ao OpenMP pode ser atribuída ao custo de comunicação entre processos e à necessidade de sincronização explícita, características inerentes ao modelo de memória distribuída, mesmo quando executado em um único nó.

Percebe-se ainda que o modelo OpenMP apresenta eficiência superior a 100% na configuração com uma thread. Esse resultado, embora não represente ganho real de paralelismo, pode ser explicado pelo uso de rotinas otimizadas específicas do pacote OpenMP do LAMMPS, que introduzem melhorias de desempenho mesmo em execução sequencial.

De forma geral, os resultados indicam que o modelo OpenMP apresenta melhor escalabilidade e aproveitamento dos recursos computacionais no cenário analisado, enquanto o modelo MPI, embora eficiente, sofre maior impacto de overheads à medida que o número de processos aumenta. Esses resultados estão em conformidade com a Lei de Amdahl, que estabelece que a eficiência paralela tende a diminuir com o aumento do paralelismo devido à fração sequencial da aplicação.

Figura 5: Consumo de memória por modelo de execução



Fonte: Autoria própria

A Figura 5 apresenta o consumo de memória reportado pelo LAMMPS para os diferentes modelos de execução avaliados. Averígua-se que o modelo OpenMP apresenta um aumento progressivo no consumo de memória à medida que o número de threads cresce, passando de

aproximadamente 638,4 MB com uma *thread* para 853,2 MB com quatro threads. Esse comportamento pode ser explicado pela replicação de estruturas de dados e buffers auxiliares utilizados internamente pelas *threads*, característica comum em implementações de memória compartilhada.

Em contrapartida, o modelo MPI apresenta um comportamento distinto, com redução do consumo de memória por processo à medida que o número de processos aumenta. Com dois processos, o consumo foi de aproximadamente 332,7 MB por rank, reduzindo para 169,4 MB com quatro processos. Essa característica evidencia a principal vantagem do modelo de memória distribuída, no qual os dados são particionados entre os processos, permitindo melhor aproveitamento da memória disponível no sistema.

Comparando os modelos, entende-se que o OpenMP, embora apresente melhor desempenho em tempo de execução, possui maior consumo total de memória, especialmente em configurações com maior número de threads. Todavia, o MPI demonstra maior eficiência no uso da memória, tornando-se uma alternativa mais adequada em cenários com restrições de memória ou em execuções distribuídas em múltiplos nós.

Esses achados reiteram que a seleção do modelo de paralelismo deve transcender a análise isolada do tempo de execução, incorporando a eficiência no consumo de recursos — fator crítico em ecossistemas de HPC, onde memória e processamento são ativos finitos e compartilhados.

A análise integrada dos dados revela um *trade-off* estrutural entre latência de execução e pegada de memória (*memory footprint*). O modelo OpenMP demonstrou superioridade em termos de *throughput* e *speedup*, particularmente na configuração de quatro *threads*, evidenciando alta afinidade com arquiteturas de memória compartilhada devido à reduzida sobrecarga de comunicação. Contudo, este ganho é acompanhado por um incremento progressivo na demanda de memória, o que pode impor gargalos de escalabilidade em cenários de severa restrição de recursos.

Em contrapartida, o modelo MPI apresentou desempenho inferior ao OpenMP no ambiente testado, mas exibiu uma gestão de memória mais eficiente, com uma redução substancial do consumo por processo em função do aumento do paralelismo. Tal característica valida a adequação do MPI para sistemas distribuídos ou aplicações que demandam escalabilidade multi-nó, onde o controle da memória local por processo é o determinante da viabilidade técnica.

Os resultados evidenciam um trade-off entre desempenho e consumo de memória. O OpenMP apresentou maior speedup e eficiência em memória

compartilhada, enquanto o MPI demonstrou melhor distribuição de memória entre processos, tornando-se mais adequado para ambientes distribuídos.

Conclusão

Os resultados obtidos demonstram que a utilização de técnicas de paralelização em ambientes de HPC proporciona ganhos significativos de desempenho em simulações de DM utilizando o LAMMPS. Tanto o OpenMP quanto o MPI apresentaram redução expressiva no tempo de execução em relação ao modelo serial, evidenciando a importância do paralelismo para aplicações científicas de elevada demanda computacional.

O modelo OpenMP apresentou os melhores resultados de speedup e eficiência paralela no cenário analisado, demonstrando maior adequação para execuções em memória compartilhada dentro de um único nó computacional. Por outro lado, o MPI apresentou melhor distribuição de memória entre processos, destacando-se como alternativa relevante para ambientes distribuídos e aplicações de maior escala.

Portanto, conclui-se que a escolha da estratégia de paralelização depende diretamente das características da infraestrutura computacional e dos requisitos da aplicação. Além disso, os resultados reforçam a relevância do LAMMPS e do potencial de Lennard-Jones como ferramentas consolidadas para estudos de desempenho, escalabilidade e análise paralela em ambientes HPC.

Referências

ALLEN, M. P.; TILDESLEY, D. J. **Computer simulation of liquids**. Second edition ed. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press, 2017.

FRENKEL, Daan; SMIT, Berend. **Understanding molecular simulation:** from algorithms to applications. 2nd ed ed. San Diego: Academic Press, 2002.

GABARDO, Arthur Miguel Pereira. **Processamento de Alto Desempenho em Projetos de Engenharia:** Implantação, Desenvolvimento e Avaliação de uma Solução HPC. Trabalho de Conclusão de Curso — Joinville, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 10 dez. 2024.

GELPI, Josep *et al.* Molecular dynamics simulations: advances and applications. **Advances and Applications in Bioinformatics and Chemistry**, p. 37, nov. 2015.

JOHANSSON, Anders *et al.* LAMMPS-KOKKOS: Performance Portable Molecular Dynamics Across Exascale Architectures. *In*: SC WORKSHOPS'25: WORKSHOPS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE FOR HIGH PERFORMANCE COMPUTING, NETWORKING, STORAGE AND ANALYSIS. **Proceedings of the SC '25 Workshops of the International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis**. St Louis MO USA: ACM, 16 nov. 2025. Disponível em: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3731599.3767498. Acesso em: 25 maio. 2026

JONES, J. E. On the determination of molecular fields. —II. From the equation of state of a gas. Proceedings of the Royal Society of London**. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character**, v. 106, n. 738, p. 463–477, 1 out. 1924.

PEREIRA, Rodrigo Vinícius Mendonça. **Modelo de Simulação por Passagem de Mensagem para Sistemas Integrados com Múltiplos Núcleos**. Tese de Doutorado — *[S.l.]*: Universidade Federal de Santa Catarina, 2020.

PLIMPTON, Steve. Fast Parallel Algorithms for Short-Range Molecular Dynamics. **Journal of Computational Physics**, v. 117, n. 1, p. 1–19, mar. 1995.

SHIRLEY, Paulo. Projeto de um Cluster Didático para Programação Paralela e Distribuída (Parte II). **Revista de Ciências da Computação**, p. 1- 24 Páginas, 10 dez. 2018.

YVIQUEL, Hervé *et al.* **The OpenMP Cluster Programming Model**. *In*: 29 ago. 2022. Disponível em: http://arxiv.org/abs/2207.05677. Acesso em: 25 maio. 2026.

LIVROS, REVISTAS, JORNAIS, EBOOKS E EMAGAZINES

www.foxtablet.com.br
contato@foxtablet.com.br
www.fb.com/foxtablet
@foxtablet
foxtablet.bsky.social

Autores

Adilson de Souza Cândido
Alberto Martins
Alexandre F. Curato
Amauri Américo de Godoy Filho
Andressa Cristina de Azevedo Barbosa
Antonio de Loureiro Gil
Arthur Simões Rodrigues
Bárbara Regina Lopes Costa
Beatriz Maria de Paula Silva
Brenno Augusto Marcondes Versolatto
Bruna Lammoglia
Cesarino Carvalho Junior
Cézar Augusto Silvino Figueredo
Cláudio Sérgio Sartori
Dennis Alves Pedersen
Fábio Andrijauskas
Francine Bastos Cacace Alvares Ferreira
Gabriele Franco
Irval Cardoso de Faria
Jane Shirley Escodro Ferretti
João Alexandre Paschoalin Filho
Jose Erick de Souza Lima
José Pires da Cunha
Lauro Araújo Mota
Letícia de Lima Souza
Luís Eduardo Pais dos Santos
Maria Cristina Campos Mendonça Alvarenga
Maria Fernanda Bacelar de Souza
Mariane Gomes Sievert Naschenweng
Orlando Leonardo Berenguel
Paulo Henrique Leme Ramalho
Paulo Roberto Galvão
Renan Hector Lima Henrique
Ricardo Ferreira Arantes
Roberto Bazanini
Rodrigo Gontijo de Alvarenga
Rogerio Leite Araujo
Rubens Pantano Filho
Sheila Cristina Lima Mezzanati Américo de Godoy
Sueli de Sá Giovani
Thalita Arthur
Vera Amaral Pantano
Willame Matos Fernandes

FoxTablet

ISBN 978-65-83368-91-1