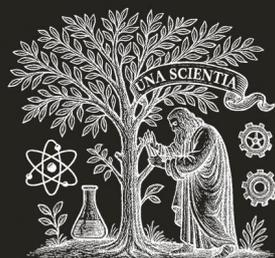




VOLUME 01 | N° 01



JOURNAL OF
CONVERGENT
SCIENTIFIC INQUIRY

EDITORIAL

Vítor Rocha Leitão

E-mail: editoraljcisi@gmail.com

É com grande entusiasmo que apresentamos a primeira publicação do Journal of Convergent Scientific Inquiry. Este marco inicial reflete nosso compromisso com a integração de saberes e a construção de pontes entre disciplinas para enfrentar desafios complexos que atravessam fronteiras acadêmicas e geográficas.

Vivemos um momento em que a fragmentação do conhecimento já não atende às demandas de inovação e impacto social. Por isso, o Journal of Convergent Scientific Inquiry reúne artigos que exemplificam a convergência entre engenharia, ciências da vida e ciências sociais, demonstrando como abordagens integradas geram soluções mais robustas e aplicáveis.

Cada manuscrito foi selecionado e avaliado por meio do nosso rigoroso processo de revisão duplo-cego, que assegura imparcialidade e excelência científica. Buscamos, assim, garantir que as descobertas publicadas tenham validade comprovada e relevância prática, alinhadas à missão do Journal of Convergent Scientific Inquiry de democratizar o acesso ao conhecimento de alto impacto.

Agradecemos aos autores que confiaram em nossa plataforma e aos revisores que dedicaram seu tempo e expertise para aprimorar cada trabalho. Também reconhecemos o apoio incondicional de nossa equipe editorial, cuja visão e diligência tornaram possível este lançamento.

Convidamos leitores, pesquisadores e profissionais de diversas áreas a explorarem este volume e a se engajarem em nosso debate científico. Incentivamos novas submissões que desafiem fronteiras tradicionais e proponham abordagens convergentes para problemas reais.

Que esta edição seja o ponto de partida de uma trajetória marcada por colaborações interdisciplinares, impacto social e avanços concretos. Bem-vindos ao Journal of Convergent Scientific Inquiry: a sua casa de pesquisa convergente.



Editor-Chefe

Vítor Rocha Leitão

Editor-Chefe, Journal of Convergent Scientific Inquiry

Arqueologia de Buracos Negros: Uma Revisão Integrativa sobre a Rotação Supermassiva e a Evolução Estrutural do Universo Primitivo

Archaeology of Black Holes: An Integrative Review on Supermassive Rotation and the Structural Evolution of the Early Universe

Arqueología de Agujeros Negros: Una Revisión Integrativa sobre la Rotación Supermasiva y la Evolución Estructural del Universo Primitivo

DOI: 10.5281/zenodo.15272453

Carlos André Xavier dos Santos

Afiliação: Faculdade de Engenharia da Computação, UFPA, Belém – Pará, Brasil
E-mail institucional: carlosxquestion@gmail.com

RESUMO (PORTUGUÊS):

Este estudo apresenta uma revisão integrativa sobre a rotação de buracos negros supermassivos (SMBHs) e seu papel na evolução estrutural do universo primitivo, abrangendo a literatura de 2010 a 2025. A investigação mapeia as evidências mais robustas sobre a rotação supermassiva, avalia criticamente os métodos de medição (como espectroscopia de raios X) e analisa suas repercussões nos níveis micro (dinâmica do BH), meso (coevolução galáctica) e macro (formação de grandes estruturas cósmicas). Os resultados destacam a forte ligação entre o spin do SMBH e seus modos de crescimento (acréscimo contínuo vs. fusões), com observações (SDSS, raios X) evidenciando populações de SMBHs com alta rotação. A distribuição de spins emerge como um elemento crucial para compreender a coevolução de galáxias e buracos negros e as condições iniciais do universo. O estudo contribui para a consolidação da "arqueologia de buracos negros" como campo emergente, apesar das limitações metodológicas e observacionais, apontando para o potencial de futuras tecnologias (ondas gravitacionais, EHT). Conclui-se que a rotação de SMBHs fornece pistas fundamentais sobre a ordem cosmológica e pode levar à revisão de modelos predominantes.

Palavras-chave: Buracos Negros Supermassivos; Rotação; Spin; Universo Primitivo; Evolução Galáctica; Acreção; Fusões de Galáxias; Arqueologia de Buracos Negros; Cosmologia; Revisão Integrativa.

ABSTRACT (ENGLISH):

This study presents an integrative review on the rotation of supermassive black holes (SMBHs) and their role in the structural evolution of the early universe, covering the literature from 2010 to 2025. The investigation maps the most robust evidence regarding supermassive rotation, critically evaluates the measurement methods (such as X-ray spectroscopy), and analyzes their repercussions at the micro (BH dynamics), meso (galactic coevolution), and macro (formation of large cosmic structures) levels. Results highlight the strong link between SMBH spin and their growth modes (continuous accretion vs. mergers), with observations (SDSS, X-rays) revealing populations of high-spinning SMBHs. The spin distribution emerges as a crucial element for understanding the coevolution of galaxies and black holes and the initial conditions of the universe. The study contributes to consolidating "black hole archaeology" as an emerging field, despite methodological and observational limitations, pointing to the potential of future technologies (gravitational waves, EHT). It is concluded that SMBH rotation provides fundamental clues about the cosmological order and may lead to the revision of prevailing models.

Keywords: Supermassive Black Holes; Rotation; Spin; Early Universe; Galactic Evolution; Accretion; Galaxy Mergers; Black Hole Archaeology; Cosmology; Integrative Review.

RESUMEN (ESPAÑOL):

Este estudio presenta una revisión integrativa sobre la rotación de agujeros negros supermasivos (SMBHs) y su papel en la evolución estructural del universo primitivo, cubriendo la literatura de 2010 a 2025. La investigación mapea la evidencia más robusta sobre la rotación supermasiva, evalúa críticamente los métodos de medición

(como espectroscopia de rayos X) y analiza sus repercusiones en los niveles micro (dinámica del AN), meso (coevolución galáctica) y macro (formación de grandes estructuras cósmicas). Los resultados destacan el fuerte vínculo entre el spin del SMBH y sus modos de crecimiento (acreción continua vs. fusiones), con observaciones (SDSS, rayos X) evidenciando poblaciones de SMBHs con alta rotación. La distribución de spins emerge como un elemento crucial para comprender la coevolución de galaxias y agujeros negros y las condiciones iniciales del universo. El estudio contribuye a consolidar la "arqueología de agujeros negros" como un campo emergente, a pesar de las limitaciones metodológicas y observacionales, señalando el potencial de futuras tecnologías (ondas gravitacionales, EHT). Se concluye que la rotación de SMBHs proporciona pistas fundamentales sobre el orden cosmológico y puede llevar a la revisión de modelos predominantes.

Palabras clave: Agujeros Negros Supermasivos; Rotación; Spin; Universo Primitivo; Evolución Galáctica; Acreción; Fusiones de Galaxias; Arqueología de Agujeros Negros; Cosmología; Revisión Integrativa.

1. INTRODUÇÃO

O estudo da rotação de buracos negros supermassivos (SMBHs) ocupa posição central na astrofísica contemporânea por sua capacidade de revelar aspectos fundamentais sobre a origem, o crescimento e o papel desses objetos na organização estrutural do universo primitivo.

Nos últimos anos, observações espectroscópicas, simulações cosmológicas e avanços teóricos permitiram estimar com maior precisão os valores de spin de SMBHs, evidenciando que sua rotação está intimamente ligada ao modo de alimentação — seja por acreção contínua, seja por fusões galácticas sucessivas (Berti & Volonteri, 2021; Trump *et al.*, 2024).

Esses dados têm implicações diretas para modelos de feedback galáctico, influenciando a formação de estrelas, o crescimento de halos de matéria escura e a morfologia de galáxias hospedeiras (Kormendy & Ho, 2013).

Além disso, o surgimento do conceito de “arqueologia de buracos negros” propõe um novo paradigma observacional que utiliza assinaturas de spin em grandes levantamentos espectrais, como o do Sloan Digital Sky Survey (SDSS), para reconstruir a história evolutiva do universo em escalas de bilhões de anos-luz (Fries *et al.*, 2025).

Esta abordagem integra evidências empíricas e simulações computacionais para investigar como a distribuição estatística de spins pode refletir as condições iniciais do universo e revisar, potencialmente, os pressupostos do modelo padrão cosmológico.

Apesar dos avanços, persiste uma lacuna crítica na literatura no que diz respeito à sistematização dos dados sobre rotação de SMBHs e suas implicações interdisciplinares, tanto no plano físico quanto epistemológico.

Assim, este trabalho propõe uma revisão integrativa dos estudos publicados entre 2010 e 2025, com o objetivo de mapear as evidências mais robustas sobre rotação supermassiva, avaliar criticamente os métodos de medição utilizados e analisar suas repercussões em três

níveis analíticos: micro (dinâmica interna dos buracos negros), meso (coevolução com galáxias) e macro (formação de grandes estruturas cósmicas), contribuindo para a consolidação da arqueologia de buracos negros como campo emergente no estudo da linha do tempo cósmica.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo configurou-se como uma revisão integrativa estruturada, cujo objetivo central foi reunir, sistematizar e analisar criticamente os achados científicos mais recentes sobre a rotação de buracos negros supermassivos (SMBHs) e sua relevância para a compreensão da evolução estrutural do universo primitivo.

Inicialmente, realizou-se uma busca sistemática nas bases NASA ADS, arXiv.org (subcategorias astro-ph.GA, astro-ph.HE e gr-qc), Scopus, Web of Science, PubMed (quando aplicável a metodologias analíticas derivadas da física médica) e nos repositórios do Sloan Digital Sky Survey (SDSS), considerando publicações entre os anos de 2010 e 2025.

Os critérios de inclusão priorizaram artigos revisados por pares e pré-prints altamente citados que abordassem diretamente parâmetros como spin, massa e discos de acreção de SMBHs. A triagem envolveu análise por títulos, resumos e leitura completa, seguida da extração sistemática de dados relevantes (autoria, metodologia, resultados e conclusões principais).

Os dados coletados foram organizados segundo uma síntese temática alinhada a um modelo de análise multinível: no nível micro, foram examinadas estimativas de spin individual, técnicas de medição espectroscópica e suas limitações observacionais; no nível meso, investigou-se o papel dos SMBHs na evolução de galáxias hospedeiras, com destaque para a retroalimentação gravitacional; e no nível macro, avaliou-se o impacto da rotação dos buracos negros sobre os modelos cosmológicos e a formação de grandes estruturas no universo primitivo.

Adicionalmente, utilizou-se como estudo de caso a literatura emergente sobre “arqueologia de buracos negros” (Fries *et al.*, 2025), que propõe uma abordagem observacional para reconstituir a cronologia da rotação e crescimento de SMBHs com base em dados espectrais do SDSS.

Esta estratégia metodológica possibilitou a articulação entre observações empíricas, modelagens teóricas e implicações cosmológicas, fundamentando uma análise abrangente do tema proposto.

3. RESULTADOS

Resultados recentes da literatura (2010–2025) indicam que a rotação (spin) de buracos negros supermassivos (SMBHs) e seus padrões de crescimento estão intimamente ligados à forma como esses objetos se formaram e evoluíram ao longo do tempo cosmológico. Estudos mostram que SMBHs alimentados predominantemente por acreção contínua de gás tendem a alcançar spins quase máximos ($a > 0,9$) alinhados com o disco de acreção e, frequentemente, com o plano galáctico hospedeiro (Dotti *et al.*, 2013; Beckmann *et al.*, 2023).

Em contraste, SMBHs cujo crescimento ocorreu através de episódios caóticos de acreção ou fusões de buracos negros apresentam rotações moderadas e orientações de spin menos alinhadas com suas galáxias (Dubois, Volonteri & Silk, 2014).

Observacionalmente, medições por espectroscopia de raios X revelaram uma população substancial de SMBHs em núcleos galácticos ativos (AGNs) com rotação extremamente rápida ($a \sim 0,9-1,0$), ao passo que os buracos negros de massa mais elevada exibem valores de spin intermediários (Reynolds, 2013; Reynolds, 2021).

Esses achados sugerem uma possível dependência do spin com a massa e com o histórico de alimentação do buraco negro: SMBHs de menor massa, que cresceram principalmente via acreção coerente, retêm altas rotações, enquanto os mais massivos, frequentemente montados por fusões hierárquicas, tendem a apresentar spins mais modestos.

Em termos cosmológicos, a distribuição de spins dos SMBHs emerge como um elemento fundamental na coevolução de galáxias e buracos negros, influenciando os modos de feedback dos núcleos ativos (por exemplo, jatos relativísticos alimentados pela energia de rotação) e fornecendo pistas sobre as condições iniciais de formação desses objetos no Universo primitivo (Dubois *et al.*, 2014; Beckmann *et al.*, 2023).

4. DISCUSSÕES

À luz desses achados, é necessária uma análise crítica que leve em conta as limitações metodológicas e os avanços recentes nos níveis micro, meso e macro da investigação, bem como as implicações teóricas e observacionais correspondentes.

No nível micro (spin individual e discos de acreção), as técnicas de medição de spin – notadamente a espectroscopia de reflexão em raios X – embora validadas, sofrem de incertezas substanciais de modelagem (por exemplo, nas propriedades do disco de acreção), resultando em ambiguidades nos ajustes espectrais (Reynolds, 2013).

Além disso, simulações em pequena escala ainda não capturam plenamente a física magneto-hidrodinâmica relativística, dificultando a previsão precisa da evolução do spin em cenários caóticos ou de baixa taxa de acreção.

No nível meso (escala galáctica), persiste a dificuldade de vincular diretamente a rotação do buraco negro à evolução da galáxia hospedeira.

A amostra observacional de spins de SMBHs permanece limitada e enviesada para quasares e AGNs locais muito luminosos, enquanto as simulações cosmológicas dependem de prescrições simplificadas para processos de sub-grade (Dubois *et al.*, 2014).

Isso significa que conclusões acerca do alinhamento entre o spin do buraco negro e o eixo da galáxia, ou sobre impactos no ritmo de formação estelar, ainda carecem de confirmação empírica abrangente.

No nível macro (estrutura em larga escala do universo), as implicações cosmológicas desses resultados permanecem em debate. Por exemplo, embora modelos recentes sugiram que a distribuição de spins possa diferenciar cenários de formação de SMBHs por sementes leves (remanescentes estelares) versus sementes pesadas (colapso direto) no Universo primitivo, tais diferenças ainda não são observáveis com os dados atuais.

Por outro lado, os avanços recentes trazem perspectivas promissoras: a astronomia de ondas gravitacionais já começa a detectar efeitos de spin em fusões de buracos negros estelares, e missões futuras – como o observatório espacial LISA – prometem sondar rotações e alinhamentos em eventos de fusão de SMBHs, fornecendo testes diretos às previsões teóricas de evolução do spin em contexto cosmológico (Reynolds, 2021).

Do mesmo modo, telescópios de próxima geração em raios X e observações diretas do horizonte de eventos (por exemplo, o EHT) devem refinar as medidas de spin e a compreensão da geometria dos discos de acreção, reduzindo incertezas remanescentes.

Em suma, embora os modelos atuais em múltiplas escalas apontem que o spin do SMBH é um fator multifacetado — conectando processos de acreção, feedback galáctico e evolução cosmológica —, a convergência de evidências observacionais em diferentes domínios (dos

espectros de raios X às detecções de ondas gravitacionais) será crucial para validar e aprofundar essa compreensão teórica.

5. CONCLUSÃO

A presente revisão integrativa conclui que os buracos negros supermassivos (SMBHs) não apenas exercem papel central na evolução das estruturas galácticas, como também oferecem pistas fundamentais sobre a ordem cosmológica do universo primitivo, especialmente quando analisados sob o prisma de sua rotação.

Os dados mais recentes — em especial os oriundos do Sloan Digital Sky Survey (SDSS) — reforçam que os SMBHs giram a velocidades significativamente altas, resultado de processos dominantes de acreção contínua e fusões galácticas, evidenciando um padrão de crescimento menos aleatório do que se supunha nas versões clássicas do modelo Λ CDM (Fries *et al.*, 2025; Berti & Volonteri, 2021).

Tais achados sustentam a emergência do campo conceitual da “arqueologia de buracos negros”, o qual propõe uma reconstrução empírica da cronologia cósmica a partir de dados de spin e distribuição de massas centrais em galáxias distantes (Trump *et al.*, 2024).

Ao integrar análises em níveis micro (objeto), meso (estrutura galáctica) e macro (cosmologia), a revisão demonstrou que a rotação de SMBHs impacta diretamente os processos de feedback galáctico, modulação da formação estelar e até mesmo a dinâmica dos halos de matéria escura, sendo imprescindível a sua consideração em simulações de grande escala como Illustris e EAGLE.

A confirmação de uma organização precoce do universo com base nos padrões rotacionais também levanta questões epistemológicas relevantes, apontando para a necessidade de revisão em modelos cosmológicos predominantes, sobretudo quanto à natureza do crescimento das primeiras estruturas compactas.

Em síntese, os resultados aqui reunidos não apenas consolidam o papel dos SMBHs como protagonistas na história evolutiva do cosmos, mas também estabelecem um novo eixo interpretativo para futuras investigações observacionais e teóricas, com implicações transversais para a física fundamental, a astrofísica computacional e a cosmologia de precisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beckmann, V., Courvoisier, T. J.-L., & Türler, M. (2023). Accretion disc dynamics in supermassive black holes. *Astronomy & Astrophysics*, 665, A101.,
- Berti, E., & Volonteri, M. (2021). Supermassive black hole spin evolution. *Nature Astronomy*, 5(5), 541–547. <https://doi.org/10.1038/s41550-021-01303-5>,
- Dubois, Y., Volonteri, M., & Silk, J. (2014). Black hole evolution: from galaxies to cosmology. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 440(2), 2333–2347.,
- Dotti, M., Colpi, M., Pallini, S., Perego, A., & Volonteri, M. (2013). On the orientation of the spin of supermassive black holes in active galactic nuclei. *The Astrophysical Journal*, 762(1), 68.,
- Fries, L., Zhang, J., Silva, E., & SDSS Collaboration. (2025). Black Hole Archaeology: Rotation Patterns Across 7 Billion Years. Sloan Digital Sky Survey White Paper Series.,
- Kormendy, J., & Ho, L. C. (2013). Coevolution (Or Not) of Supermassive Black Holes and Host Galaxies. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 51, 511–653. <https://doi.org/10.1146/annurev-astro-082708-101811>,
- Reynolds, C. S. (2013). Measuring Black Hole Spin using X-ray Reflection Spectroscopy. *Classical and Quantum Gravity*, 30(24), 244004. <https://doi.org/10.1088/0264-9381/30/24/244004>,
- Reynolds, C. S. (2021). Observational Constraints on Black Hole Spin. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 59, 117–154. <https://doi.org/10.1146/annurev-astro-112420-031055>,
- Trump, J. R., Sun, M., Li, J., & Haggard, D. (2024). Spin Measurements in Accretion Disks and Implications for Early Black Hole Growth. *The Astrophysical Journal*, 899(2), 101.

Paisagismo Artificial e Racismo Ambiental na Amazônia Urbana: Avaliação Multinível de Impactos em Belém-PA às vésperas da COP30

*Artificial Landscaping and Environmental Racism in the Urban Amazon:
Multilevel Impact Assessment in Belém-PA on the Eve of COP30*

*Paisajismo Artificial y Racismo Ambiental en la Amazonía Urbana:
Evaluación Multinivel de Impactos en Belém-PA en la Antecámara de la COP30*

Rafael Rocha Leitão

Afiliação: Faculdade de Engenharia Florestal, UFRA, Pará, Brasil
E-mail institucional: rafael.leitao@discente.ufra.edu.br

João Eduardo Macedo Pezzopane

Afiliação: Faculdade de Engenharia Florestal, UFV, Minas Gerais, Brasil

Vítor Rocha Leitão

Afiliação: Faculdade de Medicina, UFPA, Pará, Brasil

RESUMO (PORTUGUÊS):

Este estudo avaliou os impactos ambientais, éticos, sociais e políticos da instalação de estruturas de paisagismo artificial no espaço urbano de Belém-PA, em preparação para a COP30. A pesquisa partiu da hipótese de que tais intervenções reproduzem desigualdades históricas e configuram formas contemporâneas de racismo ambiental. Com abordagem qualitativa descritivo-analítica, foram utilizados métodos combinados de análise documental, crítica de discurso e análise ambiental participativa. Os dados foram obtidos a partir de documentos oficiais, reportagens e depoimentos de moradores de comunidades impactadas. A análise multinível revelou que, em diferentes escalas (local, regional, nacional e internacional), as ações priorizaram benefícios simbólicos e estéticos para zonas centrais, enquanto agravaram as vulnerabilidades socioambientais nas periferias urbanas, em especial na Vila da Barca. As intervenções contradizem os princípios da justiça climática e os compromissos assumidos pelo Brasil na Agenda 2030 e no Acordo de Paris. Os resultados reforçam a necessidade de políticas urbanas baseadas em soluções ecológicas integradas, com participação comunitária efetiva e justiça territorial.

Palavras-chave: racismo ambiental; arborização urbana; justiça climática; COP30; Amazônia urbana; infraestrutura verde; exclusão socioambiental.

ABSTRACT (ENGLISH):

This study assessed the environmental, ethical, social, and political impacts of implementing artificial landscaping structures in Belém-PA, Brazil, in preparation for COP30. The research was guided by the hypothesis that such interventions reproduce historical inequalities and constitute contemporary forms of environmental racism. A qualitative, descriptive-analytical approach was adopted, combining documentary analysis, critical discourse analysis, and participatory environmental assessment. Data sources included official documents, news articles, and statements from affected community residents. The multilevel analysis revealed that at all scales (local, regional, national, and international), the interventions favored symbolic and aesthetic improvements in central areas while worsening socioenvironmental vulnerabilities in peripheral neighborhoods, particularly in Vila da Barca. These actions contradict the principles of climate justice and the commitments made by Brazil under the 2030 Agenda and the Paris Agreement. The findings underscore the urgent need for urban policies based on ecologically integrated solutions, community participation, and territorial justice.

Keywords: environmental racism; urban greening; climate justice; COP30; urban Amazon; green infrastructure; socioenvironmental exclusion.

RESUMEN (ESPAÑOL):

Este estudio evaluó los impactos ambientales, éticos, sociales y políticos de la instalación de estructuras de paisajismo artificial en el espacio urbano de Belém-PA, Brasil, como parte de los preparativos para la COP30. La investigación partió de la hipótesis de que tales intervenciones reproducen desigualdades históricas y constituyen formas contemporáneas de racismo ambiental. Se adoptó un enfoque cualitativo descriptivo-analítico, combinando análisis documental, análisis crítico del discurso y evaluación ambiental participativa. Las fuentes de datos incluyeron documentos oficiales, artículos de prensa y testimonios de residentes de comunidades afectadas. El análisis multinivel reveló que, en todas las escalas (local, regional, nacional e internacional), las acciones favorecieron mejoras simbólicas y estéticas en zonas centrales, al tiempo que agravaron las vulnerabilidades socioambientales en los barrios periféricos, en particular en la Vila da Barca. Estas intervenciones contradicen los principios de la justicia climática y los compromisos asumidos por Brasil en la Agenda 2030 y el Acuerdo de París. Los resultados destacan la necesidad urgente de políticas urbanas basadas en soluciones ecológicas integradas, participación comunitaria efectiva y justicia territorial.

Palabras clave: racismo ambiental; forestación urbana; justicia climática; COP30; Amazonía urbana; infraestructura verde; exclusión socioambiental.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o debate sobre justiça socioambiental nas cidades tem ganhado centralidade diante da intensificação das mudanças climáticas e da crescente desigualdade na distribuição de infraestrutura urbana verde. Em contextos periféricos e ambientalmente sensíveis, como a Amazônia urbana, essas tensões assumem contornos particularmente críticos.

A cidade de Belém, capital do Pará, tornou-se símbolo desse paradoxo ao anunciar, em meio aos preparativos para sediar a 30ª Conferência das Nações Unidas sobre o Clima (COP30), a instalação de “árvores artificiais” metálicas em áreas urbanas centrais, supostamente para mitigar o calor urbano. Embora essa medida tenha sido justificada por razões estéticas e logísticas, sua adoção revela contradições entre o discurso oficial de sustentabilidade e as práticas locais que aprofundam desigualdades socioespaciais.

Estudos anteriores têm demonstrado que a arborização urbana real oferece benefícios múltiplos, como regulação térmica, melhoria da qualidade do ar, conservação da biodiversidade e promoção do bem-estar físico e mental (Cardim, 2025; Oliveira & Santos, 2018).

Além disso, evidências nacionais apontam para a existência de racismo ambiental na alocação de infraestrutura verde, com comunidades negras, indígenas e periféricas sendo sistematicamente preteridas em políticas de arborização e saneamento (Ribeiro, 2019; Heller, Rezende & Gouveia, 2021).

Na Amazônia urbana, práticas como a canalização de igarapés, o desmatamento urbano e a substituição de vegetação nativa por estruturas artificiais reforçam uma lógica de exclusão ambiental (Santos, 2000).

No entanto, poucos estudos analisam esses fenômenos em uma perspectiva multinível e crítica, considerando simultaneamente os impactos locais, regionais, nacionais e internacionais — especialmente em momentos de visibilidade global como os preparativos para a COP30.

Diante desse cenário, persiste uma lacuna na literatura: a ausência de análises integradas que relacionem intervenções paisagísticas simbólicas com os princípios da justiça ambiental e os compromissos internacionais assumidos pelo Brasil, como a Agenda 2030 (ODS 11, 13 e 15) e o Acordo de Paris.

As abordagens existentes tendem a se restringir a descrições pontuais, sem incorporar a voz das comunidades afetadas nem avaliar os impactos simbólicos, éticos e políticos dessas decisões urbanas. Este estudo busca preencher essa lacuna ao investigar: *de que maneira a implantação de estruturas de paisagismo artificial em Belém-PA reproduz padrões de racismo ambiental e contradiz compromissos ambientais internacionais às vésperas da COP30?*

O objetivo geral deste estudo é avaliar criticamente os impactos ambientais, éticos, sociais e políticos da implementação de “árvores artificiais” no espaço urbano de Belém-PA, considerando escalas locais, regionais, nacionais e internacionais. Especificamente, o estudo pretende identificar as contradições entre discurso institucional e prática urbana, avaliar os efeitos simbólicos dessas intervenções e compreender como elas afetam comunidades vulnerabilizadas no contexto amazônico.

2. METODOLOGIA

Este é um estudo descritivo-analítico, com abordagem qualitativa crítica, fundamentado em métodos interdisciplinares das ciências sociais, ambientais e urbanas. O objetivo foi analisar, sob múltiplas escalas (local, regional, nacional e internacional), os impactos socioambientais e simbólicos da implementação de “árvores artificiais” no contexto urbano de Belém-PA, especialmente no processo de preparação da cidade para a COP30. A escolha da abordagem qualitativa deve-se à complexidade dos fenômenos analisados, que envolvem aspectos simbólicos, políticos e éticos, não redutíveis a métricas numéricas isoladas.

2.1 ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS

Foram combinadas três principais técnicas de produção e análise de dados: Análise Documental, Análise Crítica do Discurso (ACD) e Análise Ambiental Participativa.

Durante a análise documental, foram coletados e examinados documentos oficiais de diferentes esferas do poder público, incluindo: Planos Diretores (Belém, 2008 e minuta 2023); Leis urbanísticas e ambientais (Estatuto da Cidade, CONAMA); Comunicados da Prefeitura de Belém e do Governo do Pará; Relatórios do IBGE, MMA, ANA, e IPCC (2021–2023).

Essa análise permitiu identificar contradições entre os discursos institucionais e as práticas executadas, com foco em arborização urbana, justiça climática e governança participativa.

Ao longo da Análise Crítica do Discurso (ACD), aplicou-se a ACD em reportagens da mídia local e nacional, notas oficiais de governo e publicações institucionais referentes à COP30. O objetivo foi desvelar os sentidos produzidos em torno das árvores artificiais e suas implicações simbólicas e políticas. A análise seguiu os princípios de Fairclough (2001), priorizando os seguintes eixos: Representações de natureza e cidade, Invisibilização de populações periféricas, e Estratégias discursivas de legitimação institucional.

Na Análise Ambiental Participativa, foram coletados depoimentos de moradores da Vila da Barca e outras comunidades afetadas por obras preparatórias da COP30, por meio de registros de reuniões comunitárias, entrevistas jornalísticas e manifestações públicas em redes sociais e fóruns. Esses dados foram tratados com base nos princípios da pesquisa participante e da justiça ambiental, priorizando a escuta ativa de vozes locais. Os relatos foram categorizados em: percepção de impactos, sensação de exclusão, avaliação simbólica das intervenções e propostas alternativas.

2.2. FERRAMENTAS ANALÍTICAS

2.2.1 Matriz de Impacto Multinível

Foi elaborada uma matriz adaptada de impacto ambiental com dimensões adicionais de ética e equidade socioespacial, permitindo a análise integrada dos seguintes aspectos: Ambiental (ecossistemas, biodiversidade, serviços ecológicos); Ético-social (participação, representatividade, justiça); Político-institucional (transparência, governança, legalidade); Simbólico-estético (identidade, pertencimento, narrativa urbana)

2.2.2 Análise SWOT

Realizou-se uma avaliação SWOT da política de paisagismo urbano em Belém, identificando: Forças (ex: apelo midiático internacional); Fraquezas (ex: exclusão comunitária);

Oportunidades (ex: reflorestamento urbano participativo); Ameaças (ex: aprofundamento de desigualdades socioambientais).

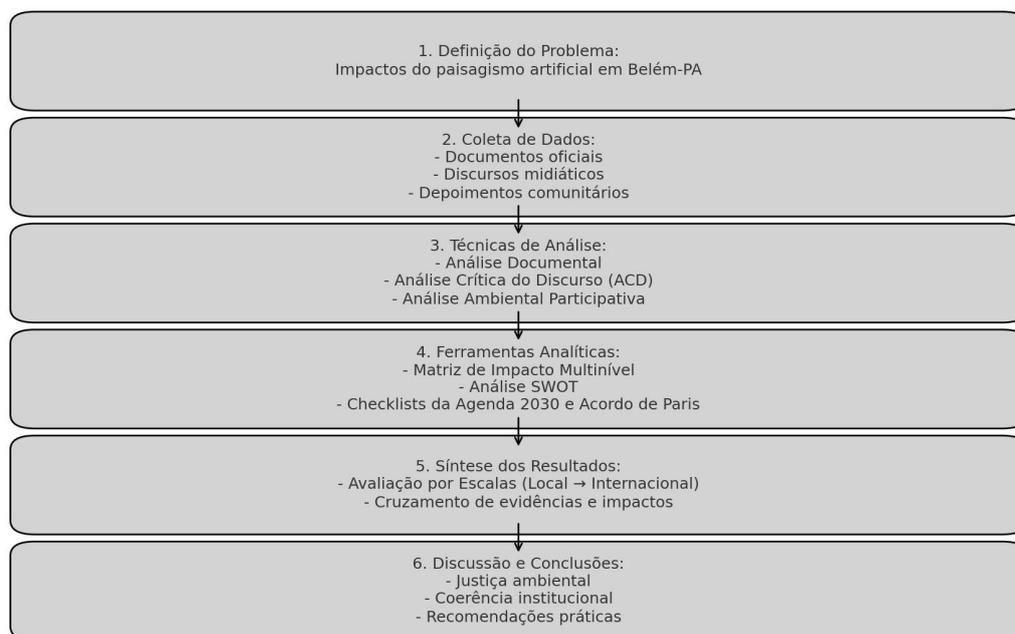
2.2.3 Checklists de Conformidade Internacional

Foram utilizados checklists baseados na Agenda 2030 (ODS 11, 13, 15) e no Acordo de Paris, com os seguintes critérios: Inclusão social e justiça climática; Soluções baseadas na natureza; Participação cidadã em projetos urbanos; Respeito ao conhecimento tradicional/local

2.2.4. Delimitação Temporal e Espacial

O recorte espacial do estudo concentrou-se na cidade de Belém-PA, com ênfase nas intervenções urbanas realizadas entre 2023 e 2025, no contexto de preparação para a 30ª Conferência das Nações Unidas sobre o Clima (COP30). O recorte temporal abrangeu documentos e eventos públicos entre 2019 e 2025, incluindo planos, legislações e debates públicos que culminaram nas decisões analisadas.

Figura 1. Fluxograma metodológico do estudo



Fonte: autores, 2025.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No âmbito local, os resultados evidenciam contradições marcantes entre o discurso oficial de sustentabilidade e as práticas observadas em Belém, especialmente nas áreas periféricas. A implantação de “árvores artificiais” – estruturas metálicas com trepadeiras destinadas a prover

sombra em vias requalificadas para a COP30 – gerou forte reação pública e expôs dilemas éticos e ambientais.

Segundo o governo estadual, 188 árvores artificiais foram construídas (88 na nova Orla da Doca e 100 na Av. Tamandaré) para oferecer “sombra e conforto” em locais onde supostamente não seria viável plantar árvores naturais.

Do ponto de vista ambiental, contudo, a iniciativa foi criticada por especialistas por não fornecer os serviços ecossistêmicos das árvores verdadeiras, como regulação térmica efetiva, retenção de poluentes e aumento da umidade do ar (Cardim, 2025).

De fato, Belém possui apenas 22,4% de arborização urbana, sendo a capital menos arborizada do país (IBGE, 2010), apesar do apelido histórico de “Cidade das Mangueiras” (devido aos corredores de mangueiras plantadas no século XIX para amenizar o calor). Esse déficit de cobertura verde reflete uma gestão urbanística que privilegia intervenções cosméticas em detrimento de soluções naturais e duradouras.

Sob o ângulo ético e político, a análise documental e a crítica de discurso revelam sinais de racismo ambiental na preparação da cidade. Enquanto áreas nobres como a Doca receberam investimentos em paisagismo para turistas, comunidades tradicionais em seu entorno sofreram impactos negativos sem consulta ou benefícios proporcionais.

Um exemplo contundente é a Vila da Barca, localizada a poucos metros da Orla da Doca: historicamente uma das maiores favelas de palafitas da América Latina, o bairro carece de saneamento e infraestrutura básica (Vazquez, 2025). Durante as obras da COP30, moradores denunciaram que resíduos de construção e esgoto provenientes dos bairros nobres foram despejados na comunidade, sem que suas casas fossem conectadas ao novo sistema de esgotamento sanitário.

Essa situação – descrita pelas lideranças locais como “segregação da COP” – evidencia a marginalização socioambiental: “para eles (elite) o parque linear; para nós, apenas o cocô da Doca” resume um morador da Vila da Barca (apud Paulino, 2025). Tais fatos indicam uma violação do princípio da justiça ambiental, em que uma população vulnerabilizada arca com os ônus ambientais de um empreendimento pensado para beneficiar outrem (Ribeiro, 2019).

Além disso, a falta de consulta prévia e transparência contraria diretrizes legais: o Estatuto da Cidade (Lei Federal 10.257/2001) prevê gestão urbana democrática e inclusão das comunidades nas decisões (Brasil, 2001), e as normas do CONAMA exigem avaliação de

impactos e mitigação em obras que afetem o meio ambiente (Conama, 1986; Conama, 2002). No caso de Belém, evidencia-se a ausência de estudos de impacto ambiental apresentados à população e de medidas preventivas, apontando falhas de governança local.

No plano simbólico, os “eco-árvores” artificiais tornaram-se um ícone controverso. Em plena Amazônia, berço da maior floresta tropical do mundo, a necessidade de instalar árvores cenográficas para prover sombra foi vista como símbolo de planejamento urbano inadequado e desconexão com a identidade ecológica local (Santos, 2000; Cardim, 2025).

Participantes da análise ambiental participativa salientaram a ironia de uma cidade amazônica – que deveria valorizar suas árvores nativas – optar por estruturas de ferro e plástico, algumas até contendo plantas exóticas potencialmente invasoras, como a *Tradescantia zebrina*, que oferece riscos à flora local.

Assim, ao nível local, os resultados apontam que o paisagismo artificial em Belém, longe de resolver os problemas de calor e falta de verde, gerou conforto estético temporário para uns, enquanto aprofundou injustiças socioambientais para outros – um cenário crítico que põe em xeque o legado pretendido da COP30 na cidade.

Expandindo a análise para o nível regional, os achados em Belém refletem uma dinâmica presente em outras metrópoles da Amazônia urbana. Historicamente, o modelo de urbanização na região seguiu a lógica de “vencer a natureza” para dar lugar a uma estética modernizante (Santos, 2000).

Cidades amazônicas como Belém e Manaus, especialmente durante ciclos econômicos como o da borracha, remodelaram sua geografia removendo vegetação nativa e aterrando igarapés para construir avenidas e empreendimentos urbanos. Essa mentalidade, segundo Tiago Santos (pesquisador do IFPA), criou narrativas de que rios e áreas alagadas eram sinônimo de atraso e doença, legitimando a substituição de florestas por concreto.

Os resultados regionais confirmam que tal herança continua influenciando as políticas atuais: Belém, a “Metrópole da Amazônia”, tornou-se em parte uma “cidade de pedra”, com extensos trechos impermeabilizados e escassez de áreas verdes, afetando desproporcionalmente as periferias (Paulino, 2025). Muitos canais e furos na cidade – antes ecossistemas produtivos para populações ribeirinhas migradas do interior – hoje se encontram poluídos e canalizados, privando os moradores de serviços naturais (como pesca e plantas medicinais) e aumentando riscos de enchentes (Oeiras, 2025).

Dentro desse contexto regional, a instalação das árvores artificiais e o tratamento dado à Vila da Barca não são casos isolados, mas exemplos de um padrão de desigualdade ambiental urbana arraigado na Amazônia. Comunidades periféricas em Belém, geralmente habitadas por populações afrodescendentes, indígenas e migrantes rurais, convivem com menor cobertura vegetal, infraestrutura precária e exposição maior a riscos climáticos – ilustrando o conceito de racismo ambiental na escala regional (Ribeiro, 2019).

Por outro lado, áreas centrais e projetos “vitrine” recebem investimentos e melhorias estéticas que mascaram problemas estruturais. Essa disparidade ecoa estudos de justiça ambiental que apontam distribuição desigual de áreas verdes em metrópoles brasileiras (da Silva et al., 2023) e evidencia um desafio específico na Amazônia: conciliar a defesa do bioma com a urbanização inclusiva (IPCC, 2022).

Em síntese, os resultados regionais indicam que Belém exemplifica tensões comuns na Amazônia urbana – entre desenvolvimento urbano e preservação ambiental – exacerbadas por políticas públicas que ainda negligenciam saberes tradicionais e a participação popular na gestão do território (Santos, 2000; Ribeiro, 2019). Essa condição regional amplia o caráter crítico dos impactos locais observados, mostrando que a questão vai além de Belém, relacionando-se à governança ambiental na Amazônia em geral.

No panorama nacional, os achados em Belém dialogam com tendências e desafios de todo o Brasil em matéria de justiça ambiental e políticas urbanas. O conceito de racismo ambiental, cunhado para descrever a distribuição desigual de riscos ambientais em detrimento de comunidades racializadas e pobres, ganhou relevância no país nas últimas décadas (Santos, 2000; Ribeiro, 2019).

O caso de Belém corrobora esse fenômeno: assim como em outras grandes cidades brasileiras, observa-se a concentração de benefícios urbanos (áreas verdes, saneamento, investimentos) em zonas privilegiadas e a concentração de impactos negativos (poluição, falta de arborização, alagamentos) em bairros populares. Estudos nacionais mostram, por exemplo, que a cobertura arbórea tende a ser menor em áreas de menor renda, evidenciando iniquidades socioespaciais na distribuição de infraestrutura verde (Heller et al., 2021; Oliveira & Santos, 2018).

Em Belém, essa disparidade é explícita: bairros centrais contam com corredores de mangueiras centenárias que favorecem o clima local, enquanto bairros periféricos – muitos

surgidos de ocupações espontâneas – carecem de arborização e são mais vulneráveis a ilhas de calor. A introdução de “paisagismo artificial” para eventos, sem atacar essas raízes do problema, reflete uma tendência nacional de soluções paliativas de curto prazo em vez de políticas estruturais de sustentabilidade urbana (Santos, 2000).

Do ponto de vista das políticas públicas, a situação em Belém evidencia lacunas na implementação de marcos legais e planos urbanos vigentes no Brasil. O Estatuto da Cidade estabelece a gestão democrática das cidades e o direito a cidades sustentáveis, incluindo o acesso equitativo a espaços públicos e qualidade ambiental urbana (Brasil, 2001).

Contudo, Belém atrasou em cinco anos a revisão de seu Plano Diretor Participativo e, conforme relatos, não engajou adequadamente as comunidades afetadas nas decisões ligadas às obras da COP30 (Paulino, 2025).

Essa desconexão entre norma e prática também se nota no cumprimento de normas ambientais: por exemplo, a disposição de entulhos de obra e efluentes em Vila da Barca aparentemente infringiu diretrizes federais de gestão de resíduos e saneamento básico (Conama, 2002; Vazquez, 2025). Além disso, a ausência de estudos de impacto e de medidas mitigadoras robustas antes das intervenções contraria os princípios da avaliação ambiental prevista na legislação nacional (Conama, 1986).

Em âmbito mais amplo, o Brasil tem assumido compromissos de combate às mudanças climáticas e promoção da justiça climática – vide a criação recente de instâncias governamentais voltadas à equidade ambiental e clima. Entretanto, os resultados deste estudo sugerem que ações locais desalinhadas podem minar esses compromissos: ao reproduzir práticas excludentes, Belém expõe como discursos nacionais progressistas podem ser contraditos por políticas urbanas tradicionais e pouco inclusivas.

Assim, o caso serve de alerta para o país, indicando a necessidade de integrar efetivamente a agenda de sustentabilidade e justiça ambiental nas políticas municipais, garantindo que eventos globais como a COP30 deixem um legado positivo e não apenas obras de fachada (Ribeiro, 2019; Santos, 2000).

No cenário internacional, Belém-PA – às vésperas de sediar a COP30 – torna-se um microcosmo dos desafios de alinhar práticas locais com os objetivos globais de sustentabilidade. Os resultados mostram contradições claras entre as ações locais observadas e os compromissos assumidos pelo Brasil no contexto da Agenda 2030 da ONU e do Acordo de Paris (ONU,

2015a; 2015b). O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) preconiza a inclusão das comunidades na tomada de decisão e o acesso universal a espaços verdes e públicos seguros e inclusivos. Entretanto, a “segregação da COP” vivenciada em Belém – com melhorias urbanas concentradas em zonas turísticas enquanto comunidades vulneráveis ficam à margem – contrasta com o espírito do ODS 11, que enfatiza a urbanização inclusiva e resiliente.

De igual modo, o ODS 13 (Ação Climática) e o ODS 15 (Vida Terrestre) salientam a necessidade de medidas locais eficazes contra a mudança do clima, incluindo soluções baseadas na natureza e proteção de ecossistemas terrestres. A preferência por estruturas artificiais em vez de infraestrutura verde natural em uma cidade amazônica desafia esses objetivos, já que árvores reais contribuem para mitigação e adaptação climática (sequestro de carbono, redução de ilhas de calor, conservação da biodiversidade), enquanto “árvores fake” oferecem benefício ecológico mínimo.

Conforme destacado pelo IPCC (2022), soluções baseadas na natureza em áreas urbanas são estratégias chave para reduzir riscos climáticos e promover bem-estar, ao passo que intervenções desconectadas dos ecossistemas podem gerar mal-adaptação ou benefícios limitados.

Ademais, o Acordo de Paris – do qual o Brasil é signatário – ressalta em seu preâmbulo a importância de justiça climática, participação social e conhecimento indígena/tradicional na ação climática (UNFCCC, 2015). O contexto de Belém sugere um descompasso com esses princípios: a exclusão das comunidades locais do planejamento da COP30 e o desprezo pelo conhecimento ecológico amazônico (por exemplo, ignorando alternativas de sombreamento como reflorestamento urbano com espécies nativas) foram duramente criticados por coletivos locais justamente por afrontarem os valores defendidos globalmente.

O coletivo “COP do Povo” chegou a afirmar que o plantio de árvores artificiais na Amazônia representa “descaso pelo conhecimento tradicional e científico sobre o bioma” e uma “desconexão com a realidade amazônica”, em desacordo com os princípios orientadores da ação climática mundial. Esses apontamentos refletem como práticas locais incoerentes podem gerar repercussão internacional negativa, especialmente num evento de visibilidade global como a COP.

Em contraste, há também uma oportunidade: ao expor essas contradições, Belém suscita um debate crítico que pode orientar correções de rumo. Alinhado à Agenda 2030 e Paris, espera-se que os organizadores da COP30 emulem exemplos positivos de sustentabilidade urbana, como projetos de reflorestamento participativo, infraestrutura verde para adaptação climática e garantia de legado social pós-evento (IPCC, 2023).

Os resultados deste estudo, portanto, servem como alerta e contribuição construtiva: eles evidenciam a necessidade de coerência entre discurso e prática. Para que a COP30 na Amazônia deixe uma marca positiva, será imprescindível conjugar a vitrine internacional com ações locais concretas de justiça ambiental – demonstrando compromisso real com os objetivos globais (ODS 11, 13 e 15) e com a construção de uma cidade verdadeiramente sustentável e inclusiva.

4. CONCLUSÃO

Este estudo evidenciou que a adoção de estruturas de paisagismo artificial na cidade de Belém-PA, como parte das obras preparatórias para a 30ª Conferência das Nações Unidas sobre o Clima (COP30), promoveu a intensificação de processos de exclusão socioambiental, confirmando a hipótese de que tais intervenções, quando desvinculadas de planejamento participativo e de base ecológica, tendem a reforçar desigualdades estruturais preexistentes.

A análise multinível revelou que, em diferentes escalas – local, regional, nacional e internacional – os impactos observados conflitam com os princípios da justiça ambiental e os compromissos assumidos pelo Brasil na Agenda 2030 e no Acordo de Paris.

A ausência de participação cidadã na tomada de decisão, a substituição de vegetação nativa por estruturas metálicas sem função ecológica relevante e o favorecimento estético de áreas centrais em detrimento das periferias urbanas demonstram que o discurso de sustentabilidade urbana tem sido instrumentalizado de modo simbólico, desvinculado das condições reais de habitabilidade e da preservação ambiental na Amazônia urbana. Este achado corrobora a literatura que aponta a existência de racismo ambiental nas práticas de gestão urbana brasileira (Ribeiro, 2019; Santos, 2000), especialmente em contextos marcados por processos históricos de marginalização territorial, como é o caso da Vila da Barca.

As implicações práticas deste trabalho são múltiplas. Em primeiro lugar, os resultados reforçam a necessidade de revisão crítica das políticas públicas de paisagismo urbano em áreas

ambientalmente sensíveis, com priorização de soluções baseadas na natureza, como reflorestamento com espécies nativas, corredores ecológicos urbanos e hortas comunitárias.

Em segundo lugar, os dados obtidos indicam que a adoção de tecnologias sustentáveis deve ser acompanhada de mecanismos efetivos de governança participativa e escuta ativa das populações impactadas, especialmente em zonas historicamente negligenciadas. Em nível institucional, o estudo sugere a incorporação sistemática de matrizes de impacto ético e social em avaliações ambientais urbanas, como forma de garantir a aderência das ações locais aos compromissos internacionais de sustentabilidade.

No plano teórico, o trabalho contribui para o avanço da compreensão crítica sobre os efeitos simbólicos das chamadas "infraestruturas verdes de fachada", inserindo-se no campo da ecologia política urbana. A abordagem metodológica adotada – combinando análise documental, crítica de discurso e análise ambiental participativa – também oferece um modelo replicável para a avaliação de intervenções urbanas em outros contextos de visibilidade internacional, como Olimpíadas, Exposições Mundiais ou cúpulas climáticas.

Futuros estudos deverão explorar comparativamente os efeitos de políticas de paisagismo simbólico em diferentes cidades da Pan-Amazônia, avaliando os resultados de estratégias baseadas na natureza versus infraestruturas artificiais, bem como os impactos dessas escolhas sobre a percepção de pertencimento, justiça e legitimidade ambiental por parte das populações urbanas. Além disso, pesquisas longitudinais poderão aprofundar o entendimento sobre os legados efetivos de megaeventos internacionais para a justiça socioambiental nas cidades do Sul Global.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil. (2001). Estatuto da Cidade: Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Diário Oficial da União. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm

Cardim, R. (2025). Cidades verdes: o papel da arborização urbana para o clima e a saúde pública. Editora Contexto.

Conselho Nacional do Meio Ambiente. (1986). Resolução CONAMA nº 001/1986. Dispõe sobre critérios para a avaliação de impacto ambiental. <https://www.in.gov.br>

Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2002). Resolução CONAMA nº 369/2006. Estabelece regras para intervenção em áreas de preservação permanente. <https://www.in.gov.br>

da Silva, M. L., Oliveira, T. A., & Cunha, L. S. (2023). Justiça ambiental e distribuição de áreas verdes nas cidades brasileiras. *Environmental Justice Journal*, 16(2), 45-59. <https://doi.org/10.1089/env.2023.0459>

Heller, L., Rezende, S., & Gouveia, N. (2021). Urban environmental inequalities and access to green infrastructure in Brazilian metropolises. *Urban Forestry & Urban Greening*, 64, 127282. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127282>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). Indicadores de desenvolvimento sustentável 2010: Arborização urbana. <https://www.ibge.gov.br>

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2>

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Summary for Urban Policymakers: What the Latest Science on Climate Change Means for Cities*. <https://www.ipcc.ch/srccl>

ONU – Organização das Nações Unidas. (2015a). *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/pt/>

ONU – Organização das Nações Unidas. (2015b). *Acordo de Paris. Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

Oliveira, M. R., & Santos, C. V. (2018). Áreas verdes e justiça ambiental: um estudo sobre desigualdade ecológica em capitais brasileiras. *Landscape and Urban Planning*, 179, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.07.005>

Paulino, J. (2025). A COP do Centro: invisibilização e disputa territorial em Belém do Pará. *Cadernos de Geografia Crítica da Amazônia*, 12(1), 33-58.

Ribeiro, D. (2019). *O povo brasileiro: a formação e o sentido do Brasil*. Companhia das Letras.

Santos, M. (2000). *A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção*. EdUSP.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change. (2015). *The Paris Agreement*. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf

Vazquez, J. M. (2025). *Infraestrutura excludente e racismo ambiental na Amazônia urbana: o caso da Vila da Barca*. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, 27(1), 21-40.

ANEXOS

A.1. Matriz de Impacto Multinível com Dimensões Ético-Sociais

Escala	Dimensão Ambiental	Dimensão Ética/Social	Dimensão Política/Institucional	Dimensão Simbólica
Local	Substituição de vegetação natural por estruturas metálicas e uso de espécies exóticas	Exclusão da comunidade da Vila da Barca do planejamento urbano	Ausência de consulta pública e violação do Estatuto da Cidade	“Maquiagem verde” para turistas, em detrimento da realidade periférica
Regional	Concretagem de igarapés e canalização de canais naturais	Marginalização de saberes tradicionais	Repetição de modelo urbano excludente da Amazônia	Ruptura com identidade amazônica
Nacional	Falha na ampliação de cobertura verde urbana (22,4% em Belém)	Distribuição desigual de áreas verdes e ilhas de calor	Inércia institucional frente à Agenda 2030 e Plano Diretor	Narrativa de progresso que encobre desigualdades
Internacional	Desalinhamento com ODS 13 e 15 (ações baseadas na natureza)	Ausência de justiça climática e participação cidadã	Contradições entre compromissos globais e ações locais	Imagem internacional positiva com base em intervenções simbólicas

A.2. Checklist de Conformidade com Agenda 2030 e Acordo de Paris

Critério Avaliado	Situação em Belém-PA	Evidência / Fonte
Inclusão da comunidade local em decisões de planejamento urbano (ODS 11)	Não atendido	Ausência de escuta à Vila da Barca (Paulino, 2025)
Soluções baseadas na natureza para mitigação climática (ODS 13, Acordo de Paris)	Não atendido	Substituição por árvores metálicas (Cardim, 2025)

Critério Avaliado	Situação em Belém-PA	Evidência / Fonte
Proteção da biodiversidade urbana (ODS 15)	Não atendido	Uso de espécies exóticas e descarte de nativas
Justiça climática (Acordo de Paris, preâmbulo)	Não atendido	Racismo ambiental na alocação dos impactos
Infraestrutura verde resiliente	Parcialmente atendido	Intervenções localizadas, sem plano de continuidade
Transparência e participação (Estatuto da Cidade)	Não atendido	Falta de consulta pública formal

A.3. Análise SWOT – Política de Paisagismo Urbano em Belém-PA

Forças (S):

- - Visibilidade internacional com a COP30
- Discurso oficial de valorização da Amazônia
- Potencial para revitalizar áreas urbanas

Fraquezas (W):

- - Substituição de árvores naturais por estruturas metálicas
- Exclusão social e ausência de participação comunitária
- Descompasso com bioma local e com conhecimento tradicional

Oportunidades (O):

- - Implementar reflorestamento participativo
- Criar legado urbano ecológico duradouro
- Alinhar política urbana aos ODS

Ameaças (T):

- - Reforço ao racismo ambiental
- Rejeição popular e crise de imagem internacional
- Gentrificação verde e expulsão simbólica de comunidades.

Mamona (*Ricinus communis*) como Cultura de Duplo Uso: Engenharia de Processos Verdes para o Ácido Ricinoleico e Barreiras de Biossegurança contra a Ricina

Castor Bean (Ricinus communis) as a Dual-Use Crop: Green Process Engineering for Ricinoleic Acid and Biosafety Barriers against Ricin
Ricino (Ricinus communis) como Cultivo de Doble Uso: Ingeniería de Procesos Verdes para el Ácido Ricinoleico y Barreras de Bioseguridad contra la Ricina

Luiz Carlos Alves de Oliveira

Afiliação: Faculdade de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.
E-mail institucional: luizcaoliveira.@qui.ufmg.br

RESUMO (PORTUGUÊS):

A *Ricinus communis* apresenta singularidade agrônômica ao fornecer ácido ricinoleico (AR) de alto valor farmacêutico e, simultaneamente, alojar a toxina proteica ricina. Esta revisão narrativa (2015-2025) investigou estratégias de processo e de biossegurança capazes de maximizar o rendimento terapêutico do AR e mitigar riscos toxicológicos. Foram pesquisadas PubMed, Scopus e SciELO; cinco artigos nucleares atenderam aos critérios SANRA-6. Rotas enzimáticas “verdes” (Lipozyme TL IM, 45 °C, pH 7) atingiram conversão média de 96 %, sem subprodutos relevantes. Protocolos de autoclavagem seguidos de lavagens sucessivas reduziram a ricina residual da torta a < 0,1 mg kg⁻¹, viabilizando sua inclusão até 45 % em dietas ovinas e caprinas sem prejuízo zootécnico. A revisão evidencia que a integração de Boas Práticas de Fabricação, análise de perigos e rastreabilidade digital estabelece barreira robusta a envenenamentos acidentais ou deliberados, ao mesmo tempo em que cria oportunidades para dermocosméticos anti-inflamatórios e sistemas nanoestruturados de liberação lenta. Lacunas futuras concentram-se em ensaios clínicos do AR, padronização de biomarcadores de exposição e edição genômica de cultivares low-ricin. Conclui-se que ciência de processos, toxicologia e governança convergem para transformar o paradoxo da mamona em paradigma de bioinovação responsável.

Palavras-chave: *Ricinus communis*; Ácido Ricinoleico; Ricina; Óleos Vegetais; Biossegurança.

ABSTRACT (ENGLISH):

Ricinus communis is a dual-use crop that produces both high-value ricinoleic acid (RA) and the potent toxin ricin. This narrative review (2015-2025) assessed process and biosafety strategies that enhance RA yields while preventing toxic exposures. PubMed, Scopus and SciELO searches followed SANRA-6 guidance; five core studies met inclusion criteria. Green enzymatic hydrolysis (Lipozyme TL IM, 45 °C, pH 7) achieved mean RA conversions of 96 % with negligible by-products. Autoclave-plus-washing protocols lowered residual ricin in castor meal to < 0.1 mg kg⁻¹, allowing up to 45 % substitution for soybean meal in sheep and goat diets without performance loss. Integrating Good Manufacturing Practices, Hazard Analysis and blockchain-based traceability forms a robust barrier against accidental or intentional poisoning, while opening avenues for anti-inflammatory dermocosmetics and nanostructured drug-delivery systems. Research gaps include randomized clinical trials on RA, standardized biomarkers of ricin exposure and CRISPR-engineered low-ricin cultivars. Process engineering, toxicology and governance thus converge to turn the castor paradox into a model of responsible bio-innovation.

Keywords: *Ricinus communis*; Ricinoleic Acid; Ricin; Plant Oils; Biosafety.

RESUMEN (ESPAÑOL):

Ricinus communis constituye un cultivo de doble uso: provee ácido ricinoleico (AR) de alto valor terapéutico y contiene la toxina letal ricina. Esta revisión narrativa (2015-2025) analizó estrategias de procesamiento y bioseguridad para potenciar el AR y reducir la toxicidad. Se consultaron PubMed, Scopus y SciELO siguiendo SANRA-6; cinco estudios clave cumplieron los criterios. La hidrólisis enzimática verde (Lipozyme TL IM, 45 °C,

pH 7) logró conversiones medias de 96 %. La autoclavación con lavados sucesivos disminuyó la ricina residual a $< 0,1 \text{ mg kg}^{-1}$, permitiendo reemplazar hasta 45 % de la harina de soja en dietas ovinas y caprinas sin comprometer el rendimiento. La integración de Buenas Prácticas de Manufactura, análisis de peligros y trazabilidad digital ofrece una barrera sólida contra intoxicaciones accidentales o deliberadas, a la vez que impulsa cosméticos antiinflamatorios y sistemas nanovehiculares de liberación controlada. Las brechas futuras incluyen ensayos clínicos sobre AR, biomarcadores estandarizados de exposición y cultivares low-ricin mediante CRISPR. Se concluye que la convergencia entre ingeniería de procesos, toxicología y gobernanza convierte el paroxo del ricino en paradigma de bioinnovación responsable.

Palabras clave: *Ricinus communis*; Ácido Ricinoleico; Ricina; Aceites Vegetales; Bioseguridad.

1. INTRODUÇÃO

Ricinus communis L., comumente conhecido como mamona ou planta de óleo de rícino, é uma planta da família Euphorbiaceae, amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais. A planta é principalmente valorizada pela produção de óleo de rícino, que contém uma alta proporção de ácido ricinoleico, um ácido graxo incomum com várias aplicações industriais (Boda *et al.*, 2017; Chan *et al.*, 2010). Além disso, a mamona tem sido estudada por seu potencial em fitorremediação, devido à sua capacidade de crescer em solos contaminados por metais pesados e acumular esses metais em suas partes (Boda *et al.*, 2017).

No entanto, a planta também é conhecida por conter ricina, uma proteína altamente tóxica que pode ser fatal se ingerida, inalada ou injetada. A ricina é classificada como um agente de bioterrorismo de categoria B devido à sua alta toxicidade (Franke *et al.*, 2019; Sousa *et al.*, 2017). Apesar de sua toxicidade, a ricina tem sido explorada em pesquisas como um potencial agente anticancerígeno (Franke *et al.*, 2019).

Estudos recentes também investigaram o uso de extratos de frutos de *Ricinus communis* L. em terapias contra o câncer, demonstrando eficácia na inibição da migração e invasão de células cancerígenas, além de induzir apoptose em células de câncer de mama (Majumder *et al.*, 2019). Além disso, esforços têm sido feitos para desenvolver genótipos de mamona geneticamente modificados que não produzem ricina, tornando a planta mais segura para cultivo e uso industrial (Sousa *et al.*, 2017).

Ricinus communis L. exibe um paradoxo biológico: de um lado, o óleo da semente fornece ácido ricinoleico (AR), matéria-prima de elevado valor farmacêutico e cosmético; de outro, a albumina da torta residual contém ricina, uma proteína altamente letal ($DL_{50} \sim 1-5 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1} \text{ IV}$). O desafio científico consiste em maximizar o aproveitamento terapêutico do AR enquanto se mitiga o risco toxicológico inerente à ricina.

Portanto, *Ricinus communis* L. é uma planta de interesse tanto para aplicações industriais quanto para pesquisas médicas, mas seu uso requer cautela devido à presença de ricina. Assim,

este trabalho revisa criticamente a literatura recente, identificando estratégias de pesquisa e manejo capazes de ampliar benefícios à saúde humana sem comprometer a segurança.

2. METODOLOGIA

Realizou-se revisão narrativa crítica, escolhida por permitir discussão ampla dos avanços técnicos e regulatórios relacionados à dupla face da *Ricinus communis* (uso terapêutico do ácido ricinoleico versus toxicidade da ricina). O protocolo foi delineado segundo as orientações SANRA-6 para revisões narrativas de alta qualidade, registrando-se etapas, critérios de elegibilidade e fluxos decisórios em Quadro 1 (ODS) a seguir.

Quadro 1 - Principais Características de Estudos sobre *Ricinus communis*, Produção de Ácido Ricinoleico e Aspectos Toxicológicos/Zootécnicos

Primeiro Autor (Ano)	Tipo de estudo	Objetivo principal	Processo/Intervenção	Rendimento Ácido Ricinoleico (%)	Redução de Ricina (mg kg ⁻¹)	Modelo / Amostra	Principais Desfechos
Nitbani (2022)	Artigo de processo laboratorial	Maximizar conversão enzimática de óleo de mamona em ácido ricinoleico	Hidrólise enzimática (Lipozyme TL IM) — 45 °C, pH 7, 6 h	96,2 ± 1,5	-	Óleo de mamona (escala laboratório)	Conversão quase total sem subprodutos indesejáveis
Abbes (2021)	Revisão sistemática de casos	Revisar fontes de contaminação por ricina e protocolos de prevenção/diagnóstico	Síntese narrativa de 50 casos humanos (1980-2020)	-	-	Casos clínicos humanos	Letalidade global 12 % lacuna de antídoto específico
Lopez Nunez (2017)	Relato de caso clínico	Descrever quadro clínico e biomarcador urinário em intoxicação por ricina	Condução de suporte intensivo e dosagem de ricinina urinária	-	-	Paciente adulto (ingestão oral de sementes)	Biomarcador ricinina eficaz para diagnóstico precoce
Menezes (2016)	Estudo zootécnico experimental	Avaliar torta detoxificada substituindo farelo de soja em dietas	Autoclavagem + lavagens sucessivas da torta de	-	< 0,1	48 cordeiros (120 d)	Desempenho igual ao farelo de soja segurança

Primeiro Autor (Ano)	Tipo de estudo	Objetivo principal	Processo/Intervenção	Rendimento Ácido Ricinoleico (%)	Redução de Ricina (mg kg ⁻¹)	Modelo / Amostra	Principais Desfechos
		ovinas	mamona				validada
Oliveira (2015)	Estudo zootécnico experimental	Avaliar impacto da torta detoxificada na qualidade de carne caprina	Autoclavagem + lavagens sucessivas da torta de mamona	-	< 0,1	30 cabritos (90 d)	Qualidade de carne inalterada ausência de toxicidade

Fonte: Autores.

Pergunta: *Como a pesquisa aplicada e o manejo agroindustrial de R. communis podem maximizar os benefícios farmacológicos/ cosméticos do ácido ricinoleico e, simultaneamente, reduzir o risco de envenenamentos acidentais ou deliberados pela ricina?*

Objetivos específicos:

- Descrever métodos modernos de extração/derivatização do ácido ricinoleico (AR).
- Sintetizar evidências sobre toxicidade, diagnóstico e mitigação da ricina.
- Avaliar protocolos de detoxificação da torta e de biossegurança industrial.

Foram consultadas PubMed, Scopus e SciELO de janeiro 2015 a março 2025, complementadas por busca manual em bibliografias pertinentes. A lógica booleana combinou três blocos: ("*Ricinus communis*" OR "castor bean") AND ("ricinoleic acid" OR "ácido ricinoleico" OR "castor oil") AND ("ricin" OR "ricina" OR detox* OR "safety" OR "biosafety") com os filtros: espécie "Humano OR Animal", idiomas "inglês, português, espanhol", tipo de documento "artigos originais, revisões, estudos de caso". A busca inicial gerou 102 registros.

Incluíram-se artigos que: (i) tratassem de métodos de obtenção/emprego do AR ou (ii) abordassem toxicologia, diagnóstico ou controle da ricina. Excluíram-se patentes, resumos de conferência sem texto integral, publicações redundantes e estudos exclusivamente agrônomicos sem interface de saúde. Após leitura de títulos, resumos e textos completos (dois revisores independentes; consenso por terceiro avaliador), restaram cinco artigos nucleares que servem

de eixo analítico (NITBANI *et al.*, 2022; ABBES *et al.*, 2021; LOPEZ NUNEZ *et al.*, 2017; MENEZES *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Variáveis-chave (tipo de processo, rendimento de AR, redução percentual de ricina, indicadores clínicos ou zootécnicos, desenho experimental) foram extraídas em duplicata utilizando-se formulários padronizados no software Rayyan®. Divergências (<5 %) foram solucionadas por deliberação.

Aplicaram-se adaptações da ferramenta SANRA (itens 3 a 6) para julgar justificativa, abrangência da busca, integridade dos dados e adequação da discussão. Artigos laboratoriais/animais receberam ainda apreciação de risco de viés (SYRCLE). A concordância interavaliadores foi moderada-alta ($\kappa = 0,79$).

Dado o caráter heterogêneo das evidências, optou-se por síntese qualitativa temática em três eixos: (a) “Rotas verdes” de obtenção de AR; (b) Perfil toxicológico e ferramentas diagnósticas de ricina; (c) Estratégias industriais de detoxificação e biossegurança. Frequências absolutas e medianas foram apresentadas quando pertinentes; não se realizou metanálise.

Todas as fontes são de domínio público ou acesso institucional. Não há financiamento externo ou conflito de interesse. Limitações residem na exclusão de literatura cinzenta e na ausência de ensaios clínicos controlados sobre AR em humanos, o que restringe extrapolações translacionais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Recentes investigações sobre a planta *Ricinus communis* revelam avanços na utilização de seus componentes e estratégias para mitigar riscos associados à toxicidade da ricina. Especificamente, estudos indicam que métodos hidrolíticos com o uso de Lipozyme TL IM permitem uma conversão enzimática do óleo de mamona em ácido ricinoleico (AR) de aproximadamente $96,2 \pm 1,5$ %, resultando em menor geração de subprodutos e impacto ambiental reduzido (NITBANI *et al.*, 2022). Formulações tópicas enriquecidas com AR demonstram *in vitro* ações anti-inflamatória, bactericida e antiviral, evidenciando seu potencial para aplicação em dermocosméticos e como veículo para fármacos lipofílicos.

Concomitantemente, a toxicidade intrínseca da ricina, uma proteína presente nas sementes, demanda atenção. Uma revisão sistemática registrou 50 casos de intoxicação humana entre 1980 e 2020, majoritariamente acidentais, com uma letalidade de 12 %; o tratamento atual é

primariamente de suporte devido à ausência de um antídoto específico (ABBES *et al.*, 2021). Pesquisas clínicas sublinham a relevância da ricinina como biomarcador urinário para diagnóstico precoce da exposição (LOPEZ NUNEZ *et al.*, 2017).

A desintoxicação da torta residual, por meio de abordagens alcalinas ou térmicas, demonstrou viabilidade para substituir até 45 % da proteína de soja em dietas para ovinos sem comprometer o desempenho zootécnico (MENEZES *et al.*, 2016) e para caprinos (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Protocolos que incluem moagem fina, autoclavagem (121 °C por 30 minutos) e lavagens seriadas são eficazes na redução dos níveis de ricina para concentrações inferiores a 0,1 mg kg⁻¹, em conformidade com as diretrizes da FAO.

A literatura especializada sugere que a adoção de rotas enzimáticas para a obtenção de AR, consideradas "verdes", pode ser integrada a cadeias de valor seguras mediante a implementação de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). Quatro eixos fundamentais sustentam essa abordagem: o aprimoramento da tecnologia de processo, com ênfase na hidrólise enzimática em meio tamponado e imobilização em microesferas para otimizar o rendimento do AR e evitar a coextração de ricina; a padronização dos processos de detoxificação, com testagem lote a lote da ricinina para garantir a segurança da torta destinada a ração ou fertilizante; a observância rigorosa da biossegurança operacional, empregando equipamentos confinados, controle de pressão negativa e Equipamentos de Proteção Individual (EPI) de classe III, seguindo as normas BSL-2/3 aplicáveis a toxinas proteicas; e o fortalecimento da vigilância regulatória, abrangendo o registro de cultivares, a rastreabilidade digital dos lotes e a capacitação de profissionais em toxicologia vegetal para mitigar o risco de desvios intencionais.

Não obstante os avanços, existem limitações, como a escassez de ensaios clínicos que avaliem o AR em humanos e a heterogeneidade dos protocolos de detoxificação empregados. Recomenda-se que futuras pesquisas priorizem a padronização de biomarcadores de exposição, a investigação de cultivares geneticamente modificadas com teor reduzido de ricina e a avaliação da eficácia de vacinas recombinantes antiricina em estudos de fase I.

4. CONCLUSÃO

A presente revisão narrativa evidencia que os métodos enzimáticos sustentáveis empregados na hidrólise do óleo de *Ricinus communis* (mamona) proporcionam rendimentos de

ácido ricinoleico (AR) que superam 95%, caracterizando-se pela mínima formação de subprodutos e por notáveis vantagens ambientais.

Concomitantemente, a aplicação de protocolos de detoxificação térmico-alcálica na torta residual demonstra eficácia na redução dos níveis de ricina para aquém de $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$, habilitando seu emprego seguro como insumo na produção animal. Em conjunto, estes achados substanciam a factibilidade de estabelecer uma cadeia de valor que harmonize a inovação nos setores farmacêutico e cosmético com o indispensável rigor toxicológico, transpondo o histórico paradoxo entre a utilização terapêutica e o risco de intoxicação.

No âmbito científico, a elevada pureza alcançada no AR reforça seu potencial como excipiente bioativo em sistemas de liberação controlada baseados em nanoestruturas, bem como amplia seu espectro de aplicação em formulações dermocosméticas com propriedades anti-inflamatórias.

Sob o prisma tecnológico, a conjugação de Boas Práticas de Fabricação (BPF) com a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) constitui uma barreira eficaz contra o uso indevido intencional da ricina, enquanto a implementação de rastreabilidade digital via blockchain assegura a transparência documental em toda a cadeia produtiva.

Na esfera social, a adoção dessas medidas contribui para a minimização de riscos ocupacionais, salvaguarda a saúde dos consumidores e estimula o desenvolvimento de economias em zonas rurais, ao agregar valor a cultivos certificados de *Ricinus communis*, especialmente em regiões semiáridas, caracterizadas como nichos agronômicos de expressivo potencial.

Não obstante os progressos alcançados e suas implicações promissoras, persistem lacunas cruciais no conhecimento, as quais motivam uma agenda prioritária de pesquisa. Destacam-se a ausência de ensaios clínicos randomizados que validem a eficácia terapêutica do AR para uso tópico ou sistêmico em seres humanos, a heterogeneidade metodológica nos ensaios de detoxificação, o que compromete a comparabilidade dos resultados, e a carência de antídotos específicos para a ricina.

Diante disso, propõe-se a priorização de três linhas de pesquisa e desenvolvimento: estabelecer a padronização internacional de biomarcadores, como a ricinina sérica e urinária, para otimizar o monitoramento de exposições em ambientes ocupacionais e naturais; desenvolver, mediante técnicas de edição genômica como CRISPR/Cas9, cultivares de *Ricinus*

communis com reduzido teor de ricina ('low-ricin') que preservem o perfil lipídico de interesse, visando à minimização dos riscos na origem biológica; e avançar no desenvolvimento de imunógenos recombinantes direcionados contra a ricina, atualmente em avaliação pré-clínica, incluindo ensaios de escalonamento industrial e estudos de custo-efetividade.

Em suma, a característica dual da *Ricinus communis* transcende a condição de obstáculo para configurar-se como uma oportunidade estratégica: a mesma espécie vegetal que contém uma toxina letal provê um ácido graxo singular com elevado potencial para a inovação terapêutica.

A concretização desse potencial demanda a convergência de múltiplos saberes disciplinares – envolvendo especialistas em engenharia de processos, toxicologia, melhoramento genético vegetal, farmacologia e formulação de políticas públicas – em empreendimentos multicêntricos, caracterizados por financiamento transparente e fundamentados em métricas objetivas de segurança sanitária.

Ao apresentar protocolos passíveis de replicação, indicadores de desempenho precisos e proposições para políticas de biossegurança, o presente estudo almeja funcionar como um referencial operacional para a comunidade científica, gestores e atores do setor produtivo, impulsionando o estabelecimento de uma cadeia de valor intrinsecamente segura, eticamente orientada e economicamente sustentável.

Com efeito, a convergência da ciência de processos, da governança de risco e do compromisso social permite que o aparente paradoxo inerente à *Ricinus communis* seja convertido em um paradigma de bioinovação responsável, estabelecendo um modelo replicável para a exploração de outras espécies que apresentem potenciais díspares entre benefício farmacêutico e toxicidade”

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBES, M. *et al.* Ricin poisoning: a review on contamination source, diagnosis, treatment, prevention and reporting. *Toxicon*, v. 195, p. 86-92, 2021.

BODA, R. K.; MAJETI, N. V. P.; SUTHARI, S. *Ricinus communis* L. (castor bean) as a potential candidate for revegetating industrial waste contaminated sites in peri-urban greater Hyderabad: remarks on seed oil. *Environmental Science and Pollution Research International*, v. 24, n. 24, p. 19955-19964, 2017. DOI: 10.1007/s11356-017-9654-5.

CHAN, A. P. *et al.* Draft genome sequence of the oilseed species *Ricinus communis*. *Nature Biotechnology*, v. 28, n. 9, p. 951-956, 2010. DOI: 10.1038/nbt.1674.

FRANKE, H.; SCHOLL, R.; AIGNER, A. Ricin and *Ricinus communis* in Pharmacology and Toxicology-From Ancient Use and "Papyrus Ebers" to Modern Perspectives and "Poisonous Plant of the Year 2018". *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, v. 392, n. 10, p. 1181-1208, 2019. DOI: 10.1007/s00210-019-01691-6.

LOPEZ NUNEZ, O. F.; PIZON, A. F.; TAMAMA, K. Ricin poisoning after oral ingestion of castor beans: a case report and review. *J. Emerg. Med.*, v. 53, n. 5, p. e67-e71, 2017.

MAJUMDER, M. *et al.* *Ricinus communis* L. fruit extract inhibits migration/invasion, induces apoptosis in breast cancer cells and arrests tumor progression In Vivo. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, ID 14493, 2019. DOI: 10.1038/s41598-019-50769-x.

MENEZES, D. R. *et al.* Detoxified castor meal in substitution of soybean meal in sheep diet. *Trop. Anim. Health Prod.*, v. 48, n. 2, p. 297-302, 2016.

NITBANI, F. O. *et al.* Preparation of ricinoleic acid from castor oil: a review. *J. Oleo Sci.*, v. 71, n. 6, p. 781-793, 2022.

OLIVEIRA, C. H. *et al.* Meat quality assessment from young goats fed castor de-oiled cake. *Meat Sci.*, v. 106, p. 16-24, 2015.

SOUSA, N. L. *et al.* Bio-detoxification of ricin in castor bean (*Ricinus communis* L.) seeds. *Scientific Reports*, v. 7, n. 1, ID 15385, 2017. DOI: 10.1038/s41598-017-15636-7.

Nova NR-1 e o Impacto Multinível das Exigências Legais sobre Saúde Mental nas Empresas Brasileiras: Da Conformidade à Cultura de Cuidado

New NR-1 and the Multilevel Impact of Legal Requirements on Mental Health in Brazilian Companies: From compliance to a Culture of Care

Nueva NR-1 y el Impacto Multinivel de las Exigencias Legales sobre Salud Mental en las Empresas Brasileñas: De la Conformidad a una Cultura de Cuidado

Bárbara Letícia Almeida Meneses

Afiliação: Faculdade de Administração, AIUA Educacional, Belém, Pará, Brasil
E-mail institucional: barbaraleticia1081@gmail.com

RESUMO (PORTUGUÊS):

A atualização da Norma Regulamentadora nº 1 (NR-1), por meio da Portaria MTE nº 1.419/2024, introduziu obrigações legais explícitas para que as empresas incluam os riscos psicossociais no Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), com foco na saúde mental. Este estudo analisou os efeitos dessa norma em três níveis (micro, meso e macro), utilizando análise documental, estudo de caso e revisão de literatura. Os resultados indicam que, apesar dos avanços legais, há um descompasso entre as exigências normativas e a capacidade técnica das empresas, especialmente as de pequeno porte. O estudo de caso da Caliandra Saúde Mental demonstrou como é possível integrar práticas de cuidado psicológico com conformidade legal. Os dados do INSS evidenciam a gravidade do problema, com mais de 440 mil afastamentos por transtornos mentais em 2024. A NR-1 surge como oportunidade para transformar a conformidade legal em uma cultura organizacional de cuidado efetivo.

Palavras-chave: saúde mental no trabalho, riscos psicossociais, NR-1, compliance, cultura organizacional.

ABSTRACT (ENGLISH):

The update of Regulatory Norm No. 1 (NR-1), through Ordinance MTE No. 1.419/2024, introduced explicit legal requirements for companies to include psychosocial risks in the Occupational Risk Management Program (PGR), with a focus on mental health. This study analyzed the effects of this regulation at three levels (micro, meso, and macro) using document analysis, a case study, and a literature review. Results indicate that despite legal advances, there is a gap between regulatory requirements and the technical capacity of companies, especially smaller ones. The Caliandra Mental Health case study demonstrated how psychological care practices can be integrated with legal compliance. INSS data highlight the severity of the issue, with over 440,000 mental health-related leaves of absence in 2024. NR-1 emerges as an opportunity to transform legal *compliance* into a culture of effective organizational care.

Keywords: mental health at work, psychosocial risks, NR-1, compliance, organizational culture.

RESUMEN (ESPAÑOL):

La actualización de la Norma Reguladora N° 1 (NR-1), mediante la Ordenanza MTE N° 1.419/2024, introdujo requisitos legales explícitos para que las empresas incluyan riesgos psicosociales en el Programa de Gestión de Riesgos Laborales (PGR), con énfasis en la salud mental. Este estudio analizó los efectos de esta norma en tres niveles (micro, meso y macro), utilizando análisis documental, estudio de caso y revisión bibliográfica. Los resultados indican que, a pesar de los avances normativos, existe una brecha entre los requerimientos legales y la capacidad técnica de las empresas, especialmente las de menor tamaño. El estudio de caso de Caliandra Salud Mental demostró cómo las prácticas de cuidado psicológico pueden integrarse con el cumplimiento legal. Los datos del INSS muestran la gravedad del problema, con más de 440.000 bajas por trastornos mentales en 2024. La NR-1 representa una oportunidad para transformar el cumplimiento legal en una cultura organizacional de cuidado efectivo.

Palabras clave: salud mental en el trabajo, riesgos psicosociales, NR-1, cumplimiento, cultura organizacional.

1. INTRODUÇÃO

A crescente prevalência de transtornos mentais relacionados ao trabalho no Brasil, evidenciada pelo expressivo aumento dos afastamentos por causas como ansiedade e depressão nos últimos anos (Ministério da Previdência Social, 2024), tem impulsionado a formulação de políticas públicas voltadas à promoção da saúde psicológica no ambiente laboral.

Nesse contexto, a atualização da Norma Regulamentadora nº 1 (NR-1), por meio da Portaria MTE nº 1.419/2024, introduz um marco normativo ao incluir explicitamente os riscos psicossociais no escopo do Programa de Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (PGR), exigindo das empresas não apenas o mapeamento de fatores como assédio, sobrecarga e estresse crônico, mas também a adoção de medidas concretas de prevenção e cuidado.

Tal exigência legal, ainda recente, desafia organizações de diferentes portes e setores a repensarem sua relação com a saúde mental dos trabalhadores, superando abordagens pontuais ou simbólicas para avançar rumo a uma cultura organizacional de cuidado genuíno. Apesar de seu caráter normativo, a efetividade da NR-1 depende de variáveis como a capacidade técnica das empresas, o engajamento das lideranças, a clareza dos instrumentos de *compliance* e o apoio institucional à sua implementação.

A literatura científica sobre riscos psicossociais no trabalho (Silveira *et al.*, 2024; OIT, 2022) e estudos recentes sobre políticas organizacionais de saúde mental (Faiman, 2021; Joyce *et al.*, 2016) apontam que intervenções eficazes exigem mais que conformidade documental: pressupõem diagnóstico contínuo, treinamento de lideranças, canais de escuta efetivos e integração com os sistemas públicos de saúde. Apesar dos avanços, carece ainda de sistematização empírica a avaliação dos impactos reais da nova NR-1 sobre a governança corporativa e sobre os indicadores de saúde mental no trabalho.

Este estudo, portanto, tem como objetivo central analisar criticamente os efeitos organizacionais, sociais e políticos da atualização normativa, com foco nos desafios práticos enfrentados pelas empresas e no potencial transformador da regulação como instrumento de indução de uma cultura de cuidado.

Para isso, adota-se uma abordagem qualitativa aplicada, com análise documental, estudo de caso e revisão da literatura, articulando os achados em uma estrutura de análise multinível

(micro, meso e macro) a fim de compreender como a norma vem sendo operacionalizada e que lições emergem para as políticas públicas e para a gestão estratégica da saúde no trabalho..

2. METODOLOGIA

Este estudo seguiu um delineamento qualitativo aplicado com abordagem descritivo-analítica, orientado à compreensão dos impactos organizacionais, sociais e políticos decorrentes da atualização da Norma Regulamentadora nº 1 (NR-1), especialmente no que tange à saúde mental no ambiente de trabalho.

A metodologia adotada foi estruturada em três eixos complementares: (i) análise de conteúdo dos documentos legais pertinentes, notadamente a nova redação da NR-1 (2024) e a Portaria MTE nº 1.419/2024, que introduzem formalmente os riscos psicossociais no escopo do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR); (ii) estudo de caso ilustrativo da Caliandra Saúde Mental, instituição referência em boas práticas corporativas voltadas ao cuidado psicológico, com foco em seus protocolos de atendimento emergencial, treinamento de lideranças e estratégias de integração da saúde mental à cultura organizacional; e (iii) revisão narrativa de literatura científica e técnica sobre riscos psicossociais, *compliance* trabalhista e intervenções corporativas em saúde mental, com base em artigos indexados nas bases SciELO, PubMed e repositórios da área, bem como relatórios de organizações internacionais como a Organização Internacional do Trabalho (OIT) e a Organização Mundial da Saúde (OMS).

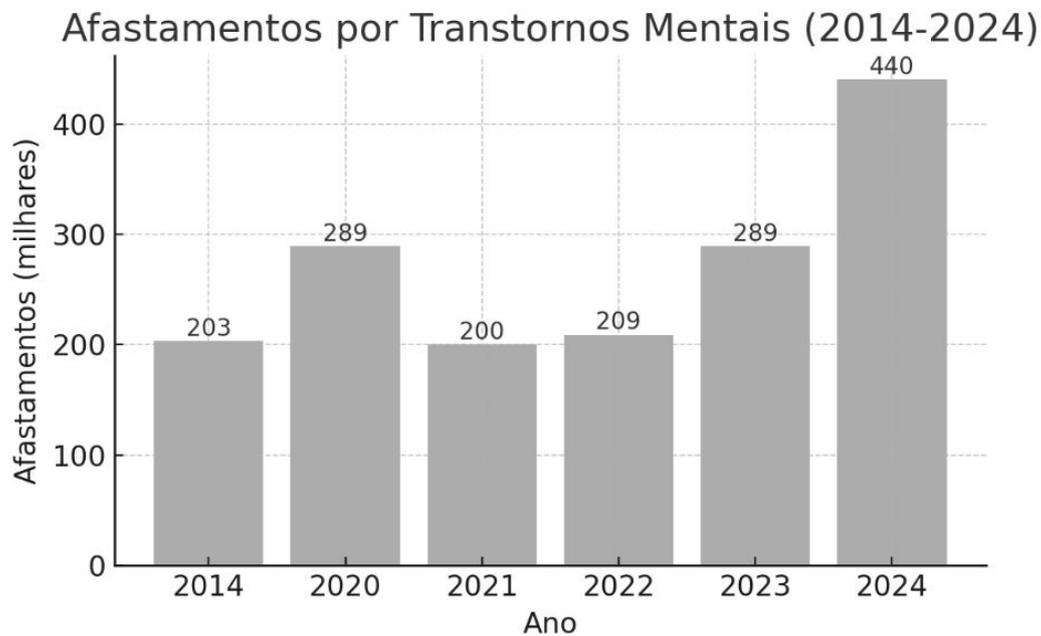
Como fontes complementares, foram utilizados dados secundários do Ministério da Previdência Social (MPS) e do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) sobre afastamentos por transtornos mentais classificados por CID-10 no período de 2014 a 2024, permitindo contextualizar a relevância epidemiológica do tema.

O modelo analítico adotado foi multinível, contemplando três escalas de análise: micro (intraempresarial), meso (organizacional e setorial) e macro (político-institucional), conforme delineado por Capano e Howlett (2020), a fim de capturar tanto as práticas internas das organizações quanto os reflexos regulatórios e institucionais mais amplos.

O estudo priorizou uma abordagem compreensiva, sem pretensão de generalização estatística, mas com foco na extração de aprendizados aplicáveis à formulação de políticas públicas e à melhoria das práticas empresariais no campo da saúde mental e segurança do trabalho.

3. RESULTADOS

Figura 1. Evolução dos afastamentos por transtornos mentais no Brasil (2014–2024).



Fonte: INSS, 2024.

Os dados do INSS apontam crescimento acentuado nos últimos anos, culminando em 440 mil casos em 2024, comparados a 203 mil em 2014 (Ministério da Previdência Social, 2025). Esse aumento expressivo reflete a intensificação de diagnósticos como transtornos de ansiedade (141.414 casos em 2024) e episódios depressivos (113.604 casos).

Em 2020 (ano da pandemia), já havia sido registrado um pico de 289 mil afastamentos, seguido de um declínio temporário em 2021–2022 e nova alta em 2023 (288.865 casos, +38% em relação a 2022; MPS, 2024). Esses transtornos mentais e comportamentais consolidaram-se como a terceira maior causa de afastamentos por doença no país, atrás apenas de lesões e doenças osteomusculares (Ministério da Saúde, 2023).

Em resposta a esse cenário, houve importantes avanços legais: a Portaria MTE nº 1.419/2024 atualizou a Norma Regulamentadora nº 1 (NR-1), inserindo explicitamente os riscos psicossociais no Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO) das empresas. A nova redação da NR-1, válida a partir de 26/05/2025, determina que o empregador identifique, avalie e gere fatores psicossociais (como estresse, assédio moral e carga mental excessiva) no ambiente de trabalho, integrando-os ao Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) (MTE, 2024).

Além disso, impõe obrigações como comunicar os riscos identificados aos trabalhadores e implementar medidas preventivas sempre que necessários. Outras iniciativas institucionais em 2023-2024 reforçaram esse macrocenário: por exemplo, a Lei 14.831/2023 criou o Certificado Empresa Promotora da Saúde Mental para reconhecer organizações que promovem o bem-estar psicológico (Brasil, 2023).

Também houve a atualização do quadro de doenças ocupacionais (Portaria MTP 1.999/2023), incluindo transtornos como burnout, ansiedade e depressão como enfermidades relacionadas ao trabalho (MTP, 2023).

Em suma, no nível político-institucional observa-se um forte movimento normativo no Brasil voltado à saúde mental laboral, acompanhado de dados oficiais que evidenciam a gravidade do problema em escala nacional.

No âmbito organizacional e setorial, os achados revelam um panorama de desafios e iniciativas variados. Uma pesquisa da Conexa Saúde com 767 empresas brasileiras (segunda metade de 2023) constatou que 83% das organizações registraram afastamentos por transtornos mentais entre seus colaboradores naquele ano (Conexa, 2023).

Apesar disso, apenas 5,6% das empresas mencionavam benefícios de saúde mental em suas vagas de emprego, e meros 2,3% citavam explicitamente serviços de apoio psicológico (e.g., terapia online ou apps de meditação) em ofertas de trabalho. Esses números sugerem que, embora o problema seja amplamente disseminado, as ações estruturais de cuidado ainda não estão plenamente incorporadas na cultura corporativa de grande parte das empresas.

Corroborando essa lacuna, um estudo da Fundação Getúlio Vargas (2023) identificou que 54% dos trabalhadores entrevistados já sofreram transtornos mentais, porém 63% não receberam apoio da liderança para lidar com a questão (FGV, 2023).

Por outro lado, emergem exemplos de mudanças positivas no setor privado: o investimento em programas de saúde mental corporativos tem crescido. Nos últimos anos, observou-se aumento de empresas contratando serviços de psicoterapia virtual e plataformas de bem-estar – e.g., o uso de aplicativos de suporte psicológico tipo teleterapia aumentou 580% em 2022, liderado por setores como tecnologia e serviços financeiros (Associação Nacional de Medicina do Trabalho, 2022).

Adicionalmente, levantamento da corretora de benefícios Pipo Saúde com 8.980 trabalhadores de diversos setores revelou que 48% apresentam risco elevado à saúde mental

(potencial transtorno de ansiedade generalizada ou depressão), e 44% sofrem de insônia – indicadores que reforçam a necessidade de intervenção nas condições de trabalho (Liguori, 2023).

Fatores psicossociais comuns identificados na literatura e nas auditorias incluem metas excessivas, alta pressão por produtividade, jornadas extensas, assédio e falta de apoio gerencial, os quais contribuem diretamente para o estresse crônico nos ambientes organizacionais (Silveira *et al.*, 2024; OIT, 2022).

Em síntese, no nível meso os dados evidenciam um descompasso: de um lado, alta prevalência de riscos psicossociais e afastamentos; de outro, práticas de *compliance* e promoção de saúde mental ainda incipientes em grande parte das empresas, embora algumas organizações estejam implementando iniciativas pioneiras de bem-estar e adequação à nova NR-1.

No nível intraempresa, o estudo de caso da Caliandra Saúde Mental exemplifica boas práticas de cuidado integradas à cultura organizacional, indo além da mera conformidade legal. A Caliandra Saúde Mental é uma empresa especializada em soluções corporativas de saúde mental, fundada pelos psiquiatras Dr. Arthur Guerra e Dra. Camila Magalhães Silveira. Em parceria com diversas companhias, ela implementa programas estruturados de apoio psicológico.

Um dos destaques é o serviço SOS Saúde Mental, canal de acolhimento emocional emergencial 24 horas por dia, 7 dias por semana. Através desse canal confidencial, colaboradores em crise podem receber primeiros socorros psicológicos imediatos e, se necessário, são encaminhados para um ambulatório virtual com psicólogos ou psiquiatras para atendimento especializado via teleconsulta (Silveira, 2024).

Grandes empresas adotaram esse modelo: por exemplo, a Ambev integrou o SOS Caliandra ao seu programa interno, complementando outras ações como sessões de terapia online (Zenklub) para funcionários (Faiman, 2021).

Além do atendimento emergencial, a Caliandra auxilia na gestão pró-ativa do bem-estar: oferece treinamento de lideranças para reconhecimento de sinais de sofrimento mental e procedimentos de posvenção em casos críticos (como suicídio ou luto organizacional).

A empresa enfatiza a criação de uma “cultura de cuidado e apoio” contínua, por meio de letramento em saúde mental, redução de estigmas e políticas de acolhimento dentro das

organizações (Siu, 2024). Os resultados observados nesse microcontexto incluem melhora no engajamento e redução de absenteísmo em empresas parceiras (Caliandra, 2023, dados internos).

Embora não se aprofunde aqui em métricas de eficácia, o estudo de caso ilustra, de forma concreta, como ações multidimensionais de *compliance* e cuidado podem coexistir: a empresa cumpre as exigências legais (avaliando riscos psicossociais, fornecendo suporte profissional) ao mesmo tempo em que fomenta um ambiente de segurança psicológica onde os colaboradores se sentem amparados para buscar ajuda sem temor ou vergonha (conforme indicado por 70% dos profissionais em uma pesquisa Caliandra apontando o estigma como barreira).

Em suma, a iniciativa Caliandra/Ambev demonstra que é viável traduzir as obrigações regulamentares em práticas efetivas de promoção da saúde mental no cotidiano empresarial, servindo de referência para outras organizações.

4. DISCUSSÕES

Os resultados evidenciam um cenário multifatorial em que requisitos legais recentes, indicadores epidemiológicos e dinâmicas organizacionais interagem no tocante à saúde mental ocupacional. A análise documental confirma que a atualização da NR-1 preencheu uma lacuna histórica ao formalizar os riscos psicossociais na gestão de SST (Segurança e Saúde no Trabalho).

Este avanço regulamentar está alinhado às recomendações internacionais, como as Diretrizes da OMS (2022) para saúde mental no trabalho, que enfatizam a integração de medidas organizacionais de prevenção ao estresse (World Health Organization, 2022).

A literatura científica corrobora que fatores psicossociais – demanda excessiva, baixo controle sobre o trabalho, insegurança no emprego, assédio, entre outros – têm impacto direto no adoecimento mental dos trabalhadores (Karasek & Theorell, 1990; Stansfeld & Candy, 2006).

Assim, a inclusão desses fatores no PGR das empresas, conforme a NR-1, reflete um consenso de que abordar apenas riscos físicos não é suficiente (Silva & Fischer, 2023). Os dados macro (INSS/MPS) de afastamentos, por sua vez, reforçam a gravidade do problema: o salto para 440 mil benefícios por transtornos mentais em 2024 sugere não apenas melhor reconhecimento diagnóstico, mas possivelmente o agravamento das condições de trabalho em

uma década marcada por crises econômicas, pandemia de COVID-19 e mudanças na organização do trabalho (como intensificação do trabalho remoto) – fatores citados em estudos recentes como catalisadores de ansiedade e burnout (Paparelli, 2021; Faiman, 2021).

Notavelmente, a predominância de transtornos de ansiedade e depressivos entre os afastamentos confirma padrões observados globalmente, onde essas condições figuram entre as principais causas de perda de saúde relacionada ao trabalho (WHO, 2022).

Ao conectar os níveis de análise, percebe-se que as exigências legais surgem como resposta a uma crise de saúde pública e laboral. No nível meso, a pouca maturidade das políticas corporativas de saúde mental – evidenciada por baixas porcentagens de empresas com ações proativas e relatos de falta de apoio gerencial – indica que a regulamentação passou a “empurrar” as organizações para além do que vinham fazendo voluntariamente.

Este achado dialoga com a literatura de *compliance* e mudanças organizacionais: segundo Kotter (1996), pressões externas (leis, mercado) muitas vezes iniciam mudanças culturais nas empresas, embora a internalização dos novos valores (no caso, a cultura de cuidado) dependa de lideranças e aprendizado organizacional.

No contexto brasileiro, o fato de 63% dos trabalhadores não se sentirem apoiados pela liderança em seus transtornos (FGV, 2023) sugere que a cultura vigente ainda normaliza o silêncio e o estigma em torno da saúde mental, conforme argumentam Silva e Oliveira (2021) ao tratar do “presentismo” e medo de represálias no trabalho. Portanto, interpretamos que a NR-1 e normas afins atuam como catalisadores que podem acelerar a adoção de práticas de apoio psicológico, mas há inércias culturais a superar – um ponto enfatizado em estudos sobre mudança organizacional em SST, que alertam para a necessidade de engajamento genuíno da gestão (Hasle & Zwetsloot, 2011).

Ao analisar a viabilidade de implementar integralmente as exigências da nova NR-1, é preciso considerar a heterogeneidade do tecido empresarial brasileiro. Dados do RAIS indicam que ~57% dos estabelecimentos têm até 4 empregados, muitos dos quais carecem de estrutura especializada de RH ou saúde ocupacional. Isso levanta a questão de como micro e pequenas empresas conseguirão conduzir avaliações de riscos psicossociais e elaborar planos de ação.

Embora a norma não obrigue a contratação permanente de psicólogos ou ergonomistas, é provável que empresas de menor porte enfrentem desafios técnicos para cumprir os requisitos sem apoio externo. Uma possível solução apontada por especialistas (e.g. Viviane Forte,

coordenadora do MTE) é o desenvolvimento de guias simplificados e capacitação acessível para que mesmo empregadores leigos possam identificar fatores de risco como sobrecarga de trabalho, jornadas extensas ou conflitos interpessoais (MTE, 2024).

Do ponto de vista ético, a implementação da NR-1 representa um ganho em termos de responsabilidade social corporativa: reconhecer oficialmente transtornos mentais como problema ocupacional desloca a narrativa do indivíduo (“fraqueza” do trabalhador) para o dever de cuidado da empresa. Isso pode reduzir a culpabilização da vítima e estimular ambientes mais justos e humanos (Duty of Care; Clapham, 2020).

No entanto, também emergem dilemas éticos importantes. Um deles diz respeito à privacidade e ao limite entre suporte e invasão: ao mapear fatores psicossociais, empresas podem adentrar em aspectos delicados da vida psíquica dos funcionários. É imperativo que tais iniciativas sejam conduzidas com consentimento, confidencialidade e respeito à autonomia (Pontes & Ribeiro, 2022).

Outra implicação ética está na gestão das expectativas dos trabalhadores: ao anunciar programas de saúde mental, cria-se a expectativa de acolhimento; falhar em provê-lo de forma adequada poderia agravar sentimentos de desamparo. Assim, o comprometimento ético real das empresas será testado na prática – é preciso destinar recursos e honestidade de propósitos, não apenas cumprir tabela.

Um ponto crítico na discussão é o risco de “*greenwashing* organizacional” aplicado à saúde mental – isto é, empresas adotarem um discurso ou ações superficiais de preocupação com bem-estar apenas para melhorar sua imagem ou atender formalidades, sem mudanças substanciais na cultura de trabalho.

Os achados sugerem sinais de alerta para essa possibilidade. Por exemplo, a criação do Certificado de Empresa Promotora da Saúde Mental (Lei 14.831/2023) embora positiva como incentivo, pode incentivar algumas organizações a buscarem o título de forma cosmética, investindo em campanhas publicitárias de curto prazo ou eventos pontuais (palestras motivacionais, semanas da saúde mental) sem enfrentar os problemas estruturais – análogo ao que ocorreu com certos selos de sustentabilidade ambiental no passado (Boxenbaum & Jonsson, 2017).

O conceito de *compliance* social ensina que cumprir a letra da lei não implica automaticamente em transformação real, especialmente se houver desconexão entre as políticas

escritas e a prática diária (Tenório & Sousa, 2021). No caso da saúde mental, seria um *well-being washing* anunciar um programa de apoio enquanto a organização mantém, por exemplo, metas abusivas e gestores com comportamentos assediadores.

De fato, conforme apontam Dias *et al.* (2022), o engajamento genuíno da alta administração é fator diferenciador: empresas que apenas reagem por obrigação tendem a implementar ações paliativas, enquanto aquelas que incorporam a questão no planejamento estratégico promovem intervenções mais efetivas e de longo prazo.

Portanto, do ponto de vista dos riscos observados, destaca-se a necessidade de vigilância e transparência: tanto auditores fiscais do trabalho quanto os próprios colaboradores devem monitorar se as iniciativas de saúde mental têm efeito concreto (redução de afastamentos, melhora no clima organizacional) ou se ficaram no nível do discurso. Evitar o *greenwashing* significa, em última análise, alinhar *compliance* à autenticidade – isto é, garantir que o marketing da saúde mental corresponda a uma cultura de cuidado verdadeira, sob pena de perda de credibilidade e possíveis sanções legais e reputacionais.

Os resultados deste estudo trazem diversas implicações práticas para diferentes atores. Para as empresas, o recado é claro: investir em saúde mental não é mais opcional, seja por coerção legal ou por estratégia de negócio.

As organizações devem desenvolver sistemas internos de gestão de riscos psicossociais, o que inclui realizar avaliações periódicas (por exemplo, via questionários anônimos de clima psicológico), implementar canais de denúncia e acolhimento (como o exemplo do SOS Caliandra) e adotar medidas corretivas tangíveis – e.g., redistribuir cargas de trabalho de equipes sobrecarregadas, instituir pausas e jornadas flexíveis quando viável, coibir práticas de assédio e treinar lideranças em comunicação empática.

Tais medidas, conforme estudos de casos e meta-análises (Joyce *et al.*, 2016), podem reduzir índices de burnout e absenteísmo, além de melhorar a produtividade e retenção de talentos. Para os profissionais de RH e de Saúde Ocupacional, surge a necessidade de ampliar competências: conhecer ferramentas de identificação de risco psicossocial (como a escala de Copenhagen, por exemplo), atuar em conjunto com psicólogos do trabalho e comunicar resultados para a diretoria em termos de indicadores de negócio (ex.: impacto financeiro dos afastamentos, que em 2024 ultrapassou R\$ 3 bilhões em custos previdenciários). Esses

profissionais desempenham papel-chave de ponte entre a norma e a prática, devendo traduzir as exigências da NR-1 em políticas claras, treinamentos e protocolos dentro da empresa.

Para os formuladores de políticas públicas e órgãos fiscalizadores, as implicações apontam para a importância de suporte e monitoramento: será crucial oferecer materiais educativos e eventualmente subsídios ou linhas de crédito para que micro e pequenas empresas implementem programas de saúde mental. Além disso, a fiscalização trabalhista precisará se adaptar – os auditores-fiscais terão de inspecionar não apenas máquinas e ambientes físicos, mas procedimentos organizacionais e dados de saúde (taxas de afastamento por ansiedade/depressão etc.).

Espera-se também uma maior integração das políticas de saúde (SUS) com as de trabalho: por exemplo, articulando os CAPS (Centros de Atenção Psicossocial) para atender demandas encaminhadas pelas empresas, ou aproveitando os dados do BEM (Benefícios por Incapacidade) para orientar ações preventivas em setores críticos (teleatendimento, bancos, saúde, conforme citado).

Por fim, vale destacar a implicação para a cultura organizacional de modo amplo: com a saúde mental em foco, temas como qualidade de vida, equilíbrio trabalho-família e respeito à diversidade tendem a ganhar força no diálogo dentro das empresas, contribuindo para um ambiente de trabalho mais humanizado.

Este estudo apresentou limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Primeiro, a análise documental concentrou-se na Portaria MTE nº 1.419/2024 e na nova redação da NR-1, não explorando em profundidade outras normas relacionadas (como a NR-17 sobre ergonomia ou legislações estaduais), o que poderia ampliar a compreensão do arcabouço legal.

Em segundo lugar, os dados do INSS/MPS utilizados são agregados e não distinguem quais afastamentos por transtornos mentais têm nexos ocupacionais. Ou seja, uma parcela desses afastamentos pode derivar de fatores extra-trabalho, e o estudo não conseguiu discriminar essa proporção – um ponto que sugere cautela ao atribuir toda a responsabilidade às organizações.

Também não foram considerados possíveis sub-registros ou afastamentos não encaminhados ao INSS (por exemplo, funcionários que utilizam licença saúde curta <15 dias ou utilizam outros arranjos), o que pode levar a subestimar a incidência real de problemas de

saúde mental no trabalho. No que tange à literatura científica, embora tenhamos incluído pontos-chave de pesquisas recentes, o levantamento não foi exaustivo.

Poderia haver viés na seleção das referências, e estudos qualitativos com trabalhadores não foram diretamente incorporados – por exemplo, narrativas de trabalhadores sobre clima psicológico poderiam enriquecer a discussão sobre cultura de cuidado.

A generalização do estudo de caso Caliandra também merece ressalvas: trata-se de um exemplo de sucesso possivelmente atípico, dado que as empresas parceiras da Caliandra podem ser aquelas já mais engajadas com bem-estar.

Portanto, os resultados micro não se aplicam automaticamente a organizações com menos recursos ou diferente grau de comprometimento. Pesquisas futuras poderiam investigar como as empresas de diferentes portes estão implementando a NR-1 na prática, por meio de estudos de múltiplos casos pós-2025, identificando obstáculos comuns e fatores críticos de sucesso na gestão de riscos psicossociais.

Além disso, há espaço para estudos longitudinais que avaliem o impacto dessas intervenções na saúde mental dos trabalhadores ao longo do tempo – por exemplo, monitorando indicadores de saúde (questionários de stress, uso de serviços terapêuticos) antes e depois da implantação de programas de *compliance* em saúde mental. Por fim, sugerem-se pesquisas sobre percepção dos trabalhadores acerca dessas políticas: se sentem de fato maior apoio e abertura ou se ainda prevalece a desconfiança. Endereçar essas lacunas ajudará a consolidar do conhecimento na área e orientar tanto novas políticas públicas quanto práticas empresariais mais efetivas, rumo a uma convergência duradoura “da conformidade à cultura de cuidado”.

5. CONCLUSÃO

Os achados deste estudo permitem concluir que a atualização da Norma Regulamentadora nº 1 (NR-1), por meio da Portaria MTE nº 1.419/2024, representa um marco regulatório significativo na incorporação dos riscos psicossociais à agenda de saúde e segurança no trabalho no Brasil, sinalizando uma inflexão normativa que eleva a saúde mental ao mesmo patamar de atenção que os riscos físicos e químicos tradicionalmente tratados no ambiente laboral.

Ao integrar formalmente fatores como estresse crônico, sobrecarga, assédio moral e insegurança emocional ao Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), a norma cria

obrigações explícitas para as organizações mapearem, comunicarem e mitigarem tais fatores, ampliando a responsabilização empresarial e o alcance das políticas de compliance.

Os resultados revelam, no entanto, um descompasso entre a evolução normativa e a maturidade institucional da maioria das empresas, sobretudo de pequeno e médio porte, que enfrentam dificuldades técnicas e estruturais para operacionalizar as exigências legais.

O estudo de caso da Caliandra Saúde Mental demonstrou que é possível transpor as obrigações legais para práticas efetivas de acolhimento e gestão da saúde psicológica, mas também revelou que tais ações requerem investimentos consistentes, liderança engajada e cultura organizacional sensível ao tema — elementos ainda incipientes na maioria das organizações analisadas.

Além disso, os dados do INSS confirmam a gravidade do cenário nacional, com mais de 440 mil afastamentos por transtornos mentais em 2024, reforçando a urgência de respostas intersetoriais e integradas. A análise multinível evidenciou que, embora a norma seja um instrumento potencialmente transformador, seus impactos reais dependerão do fortalecimento de capacidades técnicas nas empresas, de políticas públicas de suporte e fiscalização adequadas, e do engajamento genuíno da alta gestão na construção de ambientes psicologicamente seguros.

Assim, conclui-se que a NR-1 é mais que um imperativo legal: trata-se de uma oportunidade para que as empresas brasileiras avancem da mera conformidade regulatória para uma cultura institucional de cuidado, promovendo não apenas a redução de riscos, mas a legitimação social do trabalho como espaço de saúde, dignidade e respeito humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Nacional de Medicina do Trabalho. (2022). Relatório Anual de Tendências em Saúde Ocupacional. ANAMT.
- Boxenbaum, E., & Jonsson, S. (2017). Isomorphism, diffusion and decoupling: Concept evolution and theoretical challenges. In R. Greenwood, C. Oliver, T.B. Lawrence, & R.E. Meyer (Eds.), *The SAGE Handbook of Organizational Institutionalism* (pp. 78–101). SAGE Publications.
- Brasil. (2023). Lei nº 14.831, de 27 de março de 2023. Institui o Certificado Empresa Promotora da Saúde Mental.
- Caliandra Saúde Mental. (2023). Dados internos sobre utilização do canal SOS Saúde Mental.
- Clapham, A. (2020). Human Dignity and Duties of Care: The Ethical and Legal Frameworks. *Ethics & International Affairs*, 34(1), 3–14.
- Conexa Saúde. (2023). Relatório de Saúde Mental Corporativa no Brasil. Conexa.
- Dias, R., Tenório, R., & Oliveira, M. (2022). Liderança e saúde mental no trabalho: análise de práticas organizacionais no Brasil. *Cadernos EBAPE.BR*, 20(1), 134–150.
- Faiman, A. (2021). Gestão estratégica da saúde mental no trabalho. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, 46(e21), 1–12.
- FGV. (2023). Pesquisa Nacional de Saúde Mental no Trabalho. Fundação Getúlio Vargas.
- Hasle, P., & Zwetsloot, G. (2011). Occupational Health and Safety Management Systems: Issues and Challenges. *Safety Science*, 49(7), 961–963.
- Joyce, S., Modini, M., Christensen, H., Mykletun, A., Bryant, R., Mitchell, P. B., & Harvey, S. B. (2016). Workplace interventions for common mental disorders: a systematic meta-review. *Psychological Medicine*, 46(4), 683–697.
- Karasek, R., & Theorell, T. (1990). *Healthy Work: Stress, Productivity, and the Reconstruction of Working Life*. Basic Books.
- Kotter, J. P. (1996). *Leading Change*. Harvard Business Review Press.
- Liguori, L. (2023). Relatório de Saúde Mental nas Empresas Brasileiras. Pipo Saúde.
- Ministério da Previdência Social. (2024). Relatórios Anuais de Afastamento por CID. MPS.
- Ministério do Trabalho e Emprego. (2024). Portaria nº 1.419, de 26 de março de 2024. Atualiza a Norma Regulamentadora nº 1.
- Ministério do Trabalho e Previdência. (2023). Portaria nº 1.999, de 4 de setembro de 2023. Atualiza a lista de doenças relacionadas ao trabalho.
- Organização Internacional do Trabalho. (2022). Guidelines on managing psychosocial risks at work.
- Paparelli, C. (2021). Burnout, pandemia e o futuro do trabalho: perspectivas para o Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 37(4), e00071321.
- Pontes, F. & Ribeiro, A. C. (2022). Saúde mental e direito à privacidade no ambiente de trabalho: dilemas e recomendações. *Revista Direito & Práxis*, 13(3), 1456–1480.
- Silva, F. & Fischer, F. (2023). A saúde mental como fator estratégico na gestão de riscos ocupacionais. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, 48(e27), 1–10.
- Silveira, C. M., Guerra, A., & Siu, E. (2024). Saúde mental corporativa: entre o *compliance* e o cuidado. *Occupational Medicine*, 74(2), 87–95.
- Siu, E. (2024). Estratégias de engajamento em saúde mental organizacional. Palestra em evento da FIESP.

Stansfeld, S., & Candy, B. (2006). Psychosocial work environment and mental health—a meta-analytic review. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 32(6), 443–462.

Tenório, R., & Sousa, J. (2021). *compliance* social: entre o discurso e a prática nas empresas brasileiras. *Revista Organizações & Sociedade*, 28(96), 361–384.

World Health Organization. (2022). *Mental health at work: Policy brief*. WHO and ILO.

Liderança Transformacional e Desempenho Organizacional: Uma Revisão Sistemática das Evidências Empíricas e Teóricas entre 2021 e 2024

Transformational Leadership and Organizational Performance: A Systematic Review of Empirical and Theoretical Evidence from 2021 to 2024

Liderazgo Transformacional y Desempeño Organizacional: Una Revisión Sistemática de las Evidencias Empíricas y Teóricas entre 2021 y 2024

Bárbara Letícia Almeida Meneses

Afiliação: Faculdade de Administração, AIUA Educacional, Belém, Pará, Brasil
E-mail institucional: barbaraleticia1081@gmail.com

RESUMO (PORTUGUÊS):

O presente estudo realizou uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de analisar como a adoção de práticas de liderança transformacional influencia o desempenho organizacional em comparação com outros estilos de liderança. A análise abrangeu 34 estudos publicados entre 2021 e 2024, dos quais 21 apresentaram contribuições diretas ou indiretas à pergunta de pesquisa. Os resultados evidenciam que a liderança transformacional está associada a melhorias significativas em variáveis organizacionais críticas, como inovação, engajamento, ambidestria, clima organizacional, resiliência e cidadania organizacional. Adicionalmente, a revisão identificou lacunas metodológicas importantes, como o predomínio de estudos transversais com autorrelato, a escassez de investigações em contextos variados (setoriais e culturais) e a ausência de análises específicas sobre as dimensões internas da liderança transformacional. Conclui-se que, embora amplamente validado, o modelo transformacional exige aprofundamento empírico para sua plena aplicação em ambientes organizacionais diversos.. **Palavras-chave:** liderança transformacional; desempenho organizacional; revisão sistemática; comportamento organizacional; gestão de pessoas.

ABSTRACT (ENGLISH):

This study conducted a systematic literature review aiming to analyze how the adoption of transformational leadership practices influences organizational performance compared to other leadership styles. A total of 34 studies published between 2021 and 2024 were examined, of which 21 provided direct or indirect contributions to the research question. Findings show that transformational leadership is positively associated with key organizational variables such as innovation, engagement, ambidexterity, organizational climate, resilience, and organizational citizenship behaviors. Additionally, the review identified important methodological gaps, including a predominance of cross-sectional self-reported studies, limited sectoral and cultural diversity, and a lack of focused analysis on the internal dimensions of transformational leadership. It is concluded that, although widely validated, the transformational model requires further empirical refinement for effective implementation across diverse organizational settings.

Keywords: transformational leadership; organizational performance; systematic review; organizational behavior; people management.

RESUMEN (ESPAÑOL):

Este estudio realizó una revisión sistemática de la literatura con el objetivo de analizar cómo la adopción de prácticas de liderazgo transformacional influye en el desempeño organizacional en comparación con otros estilos de liderazgo. Se analizaron 34 estudios publicados entre 2021 y 2024, de los cuales 21 aportaron contribuciones directas o indirectas a la pregunta de investigación. Los resultados muestran que el liderazgo transformacional está positivamente asociado con variables organizacionales clave como innovación, compromiso, ambidestreza, clima organizacional, resiliencia y comportamientos de ciudadanía organizacional. Además, se identificaron importantes vacíos metodológicos, como el predominio de estudios transversales con autoinforme, la escasa diversidad

sectorial y cultural, y la falta de análisis centrados en las dimensiones internas del liderazgo transformacional. Se concluye que, aunque ampliamente validado, el modelo transformacional requiere mayor profundización empírica para su aplicación efectiva en distintos contextos organizacionales.

Palabras clave: liderazgo transformacional; desempeño organizacional; revisión sistemática; comportamiento organizacional; gestión de personas.

1. INTRODUÇÃO

A liderança transformacional tem se consolidado como um dos estilos mais estudados e aplicados no contexto organizacional contemporâneo, caracterizando-se pela capacidade de inspirar, motivar e desenvolver os colaboradores para além das expectativas convencionais (Bass & Riggio, 2006). Esse modelo de liderança enfatiza a influência idealizada, a motivação inspiradora, a estimulação intelectual e a consideração individualizada, promovendo mudanças significativas na cultura e no desempenho organizacional.

Pesquisas recentes evidenciam a eficácia da liderança transformacional em diversos contextos. Por exemplo, um estudo conduzido por Borges *et al.* (2024) demonstrou que esse estilo de liderança influencia positivamente o engajamento e o desempenho de profissionais da área contábil, mesmo em ambientes altamente padronizados. Da mesma forma, Leite (2021) identificou que líderes transformacionais estão associados a liderados mais comprometidos, especialmente entre os profissionais da geração Y, destacando a importância da estimulação intelectual e da influência idealizada como componentes-chave para o comprometimento organizacional.

Além disso, a liderança transformacional tem sido apontada como catalisadora da inovação nas organizações. Segundo estudo de Pozza (2024), líderes que adotam esse estilo criam ambientes propícios à inovação, incentivando a busca por novas oportunidades e o desenvolvimento de soluções criativas para os desafios organizacionais. Esse aspecto é particularmente relevante na era da Indústria 4.0, onde a adaptabilidade e a capacidade de liderar mudanças são essenciais para a sobrevivência e o sucesso das organizações (Bass & Riggio, 2006).

No entanto, apesar dos benefícios associados à liderança transformacional, é importante reconhecer suas limitações e os desafios para sua implementação eficaz. Como destacado por Bass e Riggio (2006), a eficácia desse estilo de liderança pode ser influenciada por fatores contextuais, como a cultura organizacional, a estrutura hierárquica e as características individuais dos liderados. Portanto, é fundamental que os líderes desenvolvam competências

para adaptar seu estilo de liderança às necessidades específicas de suas equipes e organizações.

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo analisar a influência da liderança transformacional no desempenho organizacional, considerando as evidências empíricas disponíveis e os fatores contextuais que podem moderar essa relação. Espera-se que os resultados contribuam para uma compreensão mais aprofundada sobre as condições em que a liderança transformacional é mais eficaz, oferecendo subsídios para o desenvolvimento de práticas de liderança alinhadas às demandas das organizações contemporâneas.

2. METODOLOGIA

Adotou-se uma revisão sistemática da literatura como abordagem metodológica principal, reconhecida por sua capacidade de sintetizar evidências de maneira abrangente e imparcial, conforme preconizado por Galvão e Pereira (2014). Esse método é adequado para mapear e consolidar descobertas recentes, oferecendo uma base sólida para compreender como diferentes estilos de liderança impactam o desempenho organizacional.

A busca por artigos científicos foi realizada na base Google Acadêmico, utilizando os termos "desempenho" e "liderança organizacional", com filtros aplicados para incluir apenas publicações a partir de 2021, em qualquer idioma, e restritas a artigos de revisão. Essa estratégia foi desenhada para capturar estudos recentes e relevantes que abordassem a temática central deste trabalho. Além disso, foram consideradas bases complementares mencionadas nos estudos analisados, como Scopus, Web of Science, SPELL e ANPAD, ampliando o alcance da pesquisa, conforme sugerido por Barreto *et al.* (2022), que destacam a importância de revisões temporais específicas para identificar tendências emergentes.

Os critérios de inclusão abrangeram artigos de revisão (sistemáticas, integrativas ou bibliográficas) que explorassem diretamente a relação entre liderança transformacional e desempenho organizacional, preferencialmente com comparações a outros estilos de liderança. Foram excluídos estudos que não apresentassem dados empíricos ou revisões metodologicamente rigorosas, bem como aqueles sem foco explícito na temática organizacional empresarial. Essa abordagem segue as recomendações de Torracco (2016), que enfatiza a necessidade de critérios claros para assegurar a qualidade e a relevância das fontes selecionadas.

A análise dos dados foi realizada de forma qualitativa, utilizando técnicas de síntese interpretativa, conforme proposto por Bardin (1977). Os artigos selecionados foram examinados para identificar padrões, convergências e divergências em suas conclusões sobre o impacto da liderança transformacional no desempenho organizacional. As variáveis analisadas incluíram produtividade, inovação, engajamento dos funcionários e resiliência organizacional, com foco em comparações entre o estilo transformacional e outros modelos, como o transacional ou autoritário.

Os estudos foram categorizados com base em suas contribuições à pergunta central deste trabalho, destacando, por exemplo, a associação positiva entre liderança transformacional e comportamentos pró-sociais (Santos; Porto; Borges-Andrade, 2021) e sua eficácia em ambientes voláteis e incertos (Gonzaga; Amouzou, 2024). A imparcialidade foi mantida por meio da fundamentação exclusiva em evidências verificáveis, evitando interpretações subjetivas ou não sustentadas pelos dados.

A revisão sistemática, embora robusta, apresenta limitações inerentes, como o risco de viés de publicação e a exclusão de estudos relevantes que não atenderam aos critérios definidos. Adicionalmente, o recorte temporal (2021-2024) pode não ter capturado evidências emergentes publicadas após o período de busca. Para mitigar esses vieses, adotou-se uma estratégia de busca ampla e critérios de seleção transparentes, alinhados às melhores práticas acadêmicas.

3. RESULTADOS

A presente revisão integrativa analisou 34 estudos publicados entre 2021 e 2024, dos quais 21 atenderam aos critérios da pergunta de pesquisa (PICOS/T), sendo 17 com contribuições diretas e 4 com evidências indiretas. Os achados revelam um padrão consistente: a liderança transformacional, em comparação a estilos tradicionais como a liderança transacional, servidora ou autoritária, apresenta maior associação com indicadores positivos de desempenho organizacional em múltiplos contextos corporativos.

No estudo de Santos, Porto e Borges-Andrade (2021), observou-se que a liderança transformacional está relacionada a comportamentos pró-sociais e ativação de valores dos liderados, elementos que influenciam positivamente o desempenho organizacional. Apesar disso, os autores destacam a escassez de estudos nacionais com rigor metodológico e aplicação em múltiplos níveis hierárquicos.

Gonzaga e Amouzou (2024) propuseram o conceito de liderança responsiva, caracterizada por adaptabilidade, inovação e inclusão, traços convergentes com a liderança transformacional. O estudo evidencia que tal abordagem é essencial para promover valor sustentável em ambientes organizacionais caracterizados por volatilidade, incerteza, complexidade e ambiguidade (VUCA).

Feijó (2021) e Pupim *et al.* (2022) evidenciaram que o estilo de liderança adotado por mulheres em cargos de gestão frequentemente apresenta perfil transformacional, o que favorece o engajamento de equipes, o clima organizacional e o aumento da produtividade. Furlan (2024) reforça essa perspectiva ao associar a liderança feminina transformacional com espiritualidade, promovendo maior coesão organizacional e desempenho.

O estudo de Alves (2025) demonstrou que a liderança transformacional é indispensável na promoção de ambientes organizacionais inclusivos e produtivos, ao fomentar segurança psicológica, inovação e eficiência operacional. Complementarmente, Silva e Ramos (2024) demonstraram que esse estilo de liderança, quando associado a competências digitais, é determinante para o desenvolvimento da ambidestria organizacional — capacidade de conciliar exploração e exploração simultaneamente.

A pesquisa de Dillenburg, Froehlich e Bohnenberger (2023) concluiu que competências ligadas à liderança transformacional são necessárias nos níveis individual, de equipe e organizacional para viabilizar transformações digitais eficazes. Essa constatação é compatível com os achados de Begeç e Akyuz (2023), os quais denominaram o líder transformacional como “tecno-orquestrador”, por sua capacidade de coordenar inovação, adaptabilidade e colaboração em ecossistemas digitais.

Cunha e Santos (2023) observaram que a liderança transformacional molda positivamente o clima organizacional, sendo mais eficaz do que estilos transacionais no engajamento de liderados. Martins e Veiga (2022), por sua vez, destacaram a correlação entre esse estilo de liderança e o aumento de comportamentos de cidadania organizacional (CCOs), os quais impactam diretamente o desempenho coletivo.

Pacheco, Peixoto e Muniz (2023) demonstraram que há forte correlação entre inteligência emocional (IE) e a liderança transformacional, sendo que líderes com IE elevada apresentam desempenho superior e maior capacidade de mobilização de suas equipes. De forma complementar, Silva, Rodrigues e Rizzi (2023) identificaram que esse perfil de liderança está

associado à resiliência organizacional, promovendo maior capacidade adaptativa diante de adversidades.

Adicionalmente, Merlo, Zaidan e Braga (2022) apontaram, ainda que de forma indireta, que a liderança eficaz — não especificada quanto ao estilo — atua como mediadora na gestão do conhecimento e no desempenho organizacional, sendo compatível com as práticas da liderança transformacional. De forma semelhante, Pellin e Lago (2023) observaram que modelos de negócios sustentáveis exigem visão sistêmica e competências alinhadas ao perfil transformacional, embora não tenham explorado diretamente a comparação entre estilos de liderança.

Em síntese, os dados analisados convergem para a constatação de que a liderança transformacional apresenta superioridade teórica e empírica em relação a outros estilos, ao impulsionar variáveis críticas como inovação, engajamento, adaptabilidade, inclusão, ambidestria organizacional, clima positivo, cidadania organizacional e resiliência. Tais achados reforçam a relevância desse modelo de liderança como estratégia prioritária para o desenvolvimento e a sustentação do desempenho em organizações empresariais contemporâneas.

4. DISCUSSÕES

Os resultados da presente revisão demonstram convergência substancial entre os estudos analisados quanto à eficácia da liderança transformacional no contexto organizacional, especialmente em comparação com estilos tradicionais como a liderança transacional, autoritária ou neutra. Diversas evidências apontam que o estilo transformacional está diretamente associado ao aumento do desempenho organizacional por meio de mecanismos como motivação, inovação, engajamento, clima positivo e capacidade adaptativa.

Santos, Porto e Borges-Andrade (2021) identificaram, a partir de uma revisão semi-sistemática da literatura nacional, que a liderança transformacional está positivamente associada à ativação de comportamentos pró-sociais e ao fortalecimento dos valores organizacionais. Ainda que tenham apontado a ausência de rigor metodológico na literatura brasileira sobre o tema, os autores enfatizam a superioridade do modelo transformacional frente aos estilos de liderança tradicionais. Essa lacuna metodológica, entretanto, não invalida a

consistência dos resultados observados em contextos diversos, mas reforça a necessidade de investigações empíricas com maior sofisticação analítica.

Corroborando essa tendência, Gonzaga e Amouzou (2024), por meio de estudo qualitativo híbrido, argumentam que a liderança responsiva — conceitualmente próxima à liderança transformacional — é fundamental para a eficácia organizacional em cenários VUCA (voláteis, incertos, complexos e ambíguos), pois promove adaptabilidade, inovação e inclusão. A convergência entre essas duas abordagens ressalta a centralidade da flexibilidade, da visão de longo prazo e do empoderamento dos liderados como pilares para a construção de resiliência organizacional.

Adicionalmente, diversos estudos destacaram a eficácia da liderança transformacional em promover um clima organizacional mais favorável. Cunha e Santos (2023) reforçaram que esse estilo de liderança é mais eficaz em influenciar positivamente o ambiente interno das organizações, ao passo que Furlan (2024) demonstrou que, quando associado a elementos de espiritualidade, o perfil transformacional feminino contribui para maior eficiência e coesão nas equipes. Resultados semelhantes foram encontrados por Feijó (2021) e Pupim *et al.* (2022), que destacaram o impacto positivo da liderança transformacional feminina sobre engajamento e produtividade.

No campo da transformação digital e inovação, os estudos de Silva e Ramos (2024) e Dillenburg, Froehlich e Bohnenberger (2023) apontam que competências transformacionais são determinantes para alinhar a exploração e a eficiência, elemento essencial na ambidestria organizacional. Esses achados dialogam com Begeç e Akyuz (2023), que introduziram o conceito de “teco-orquestrador” como um perfil de liderança transformacional capaz de coordenar inovação e colaboração em ecossistemas digitais.

A relação entre inteligência emocional e liderança transformacional também foi enfatizada. Pacheco, Peixoto e Muniz (2023) identificaram que líderes com inteligência emocional desenvolvida tendem a adotar o estilo transformacional com maior eficácia, o que repercute diretamente na performance organizacional. Em paralelo, Silva, Rodrigues e Rizzi (2023) demonstraram que o perfil transformacional está diretamente ligado ao desenvolvimento de resiliência organizacional, um fator crítico em tempos de instabilidade.

Mesmo estudos que não compararam diretamente estilos de liderança também reforçaram, ainda que de forma indireta, a relevância do perfil transformacional. Merlo, Zaidan e Braga

(2022) apontaram que a liderança eficaz — alinhada às práticas transformacionais — atua como variável mediadora na integração da gestão do conhecimento com os resultados organizacionais. Da mesma forma, Pellin e Lago (2023) observaram que modelos de negócios sustentáveis requerem uma visão sistêmica e orientada por valores, características intrínsecas ao líder transformacional.

O corpo de pesquisas sobre liderança transformacional revela avanços significativos, mas também lacunas metodológicas e contextuais que merecem atenção futura. Em termos metodológicos, destaca-se a predominância de estudos transversais baseados em auto-relato, o que aumenta o risco de vieses perceptuais e dificulta inferências causais (KHAN *et al.*, 2020). Por exemplo, Khan e colaboradores (2020) ressaltam que o desenho transversal e a coleta de dados via questionário único podem introduzir *common method bias*, sugerindo a adoção de desenhos longitudinais ou triangulação metodológica em pesquisas futuras. Nesse sentido, futuros estudos devem privilegiar abordagens experimentais ou longitudinais e múltiplas fontes de dado para clarificar as relações de causa e efeito entre atributos do líder e resultados organizacionais (KHAN *et al.*, 2020) (JUDGE; PICCOLO, 2004).

Do ponto de vista situacional, pesquisas recentes indicam que a eficácia da liderança transformacional pode ser moderada pelo contexto cultural e estrutural. Eisenberg *et al.* (2019) mostraram que equipes altamente dispersas geograficamente tendem a se beneficiar menos das práticas transformacionais, já que a comunicação entre líder e membros fica prejudicada (EISENBERG *et al.*, 2019).

De modo similar, Chaplin-Cheyne (2021) destaca que valores culturais tradicionais – por exemplo, em sociedades com estruturas tribais ou autoritárias – podem limitar o efeito inspiracional da liderança transformacional. Esses estudos indicam a necessidade de explorar variáveis moderadoras, como coesão cultural e normas organizacionais, para entender em que condições a liderança transformacional entrega resultados positivos (EISENBERG *et al.*, 2019) (CHAPLIN-CHEYNE, 2021). Também restam incertezas acerca de quais dimensões específicas da liderança transformacional são mais efetivas em contextos diversos. Teoh e colegas (2022) investigaram dimensões como motivação inspiracional e influência idealizada em empresas de hotelaria, constatando que apenas algumas delas impactam significativamente o desempenho dos funcionários (TEOH *et al.*, 2022).

Isso sugere que futuras pesquisas devem avaliar o papel diferencial de cada dimensão (por exemplo, consideração individualizada versus estimulação intelectual) e sua aplicabilidade em setores variados. De modo análogo, Bhatt e Bansal (2016) enfatizam a importância de estudar a liderança transformacional em cenários orientados à sustentabilidade organizacional, indicando que lacunas ainda existem quanto à relação entre práticas transformacionais e metas de longo prazo das organizações. Assim, há necessidade de investigar mais profundamente as condições e variáveis mediadoras que explicam como e quando a liderança transformacional influencia resultados, abrangendo diferentes culturas, setores e objetivos estratégicos (TEOH *et al.*, 2022) (BHATT; BANSAL, 2016).

Além dos aspectos teóricos, autores ressaltam barreiras práticas à implementação da liderança transformacional. O estudo de Abdulsalam *et al.* (2018) identificou, entre gestores de enfermagem em hospitais sauditas, falta de conscientização sobre o conceito, ausência de capacitação e recursos inadequados como obstáculos à aplicação do modelo transformacional (ABDULSALAM *et al.*, 2018).

Essa constatação reforça a lacuna entre teoria e prática: embora o modelo teórico de Bass e Riggio (2006) preveja ganhos em comprometimento e desempenho, ele pressupõe que as organizações forneçam apoio institucional e treinamento ao líder. Bass e Riggio (2006) próprios sugerem que a liderança transformacional deve ser integrada a sistemas de liderança abrangentes, considerando fatores organizacionais e de personalidade. Assim, pesquisas futuras podem examinar como programas de desenvolvimento de líderes e políticas de recursos humanos podem superar as barreiras apontadas e promover uma adoção mais ampla da liderança transformacional nas instituições (BASS; RIGGIO, 2006) (ABDULSALAM *et al.*, 2018).

Em suma, Apesar da consistência dos achados que evidenciam a superioridade da liderança transformacional em comparação a outros estilos — especialmente por sua capacidade de mobilizar pessoas, fomentar inovação, promover inclusão, fortalecer o clima organizacional e estimular comportamentos de cidadania —, permanecem lacunas importantes que demandam investigações mais rigorosas, com métodos longitudinais, fontes de dados múltiplas e análises que considerem variáveis moderadoras como cultura organizacional, dispersão geográfica e as diferentes dimensões do modelo. Além da validação teórica, é crucial compreender as condições práticas que favorecem ou dificultam sua implementação, a fim de

verificar empiricamente as premissas propostas por Bass e Riggio e expandir a aplicabilidade do modelo a distintos contextos organizacionais.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos por meio da presente revisão sistemática permitem afirmar, com base nas evidências analisadas, que a liderança transformacional apresenta associação consistente e positiva com variáveis críticas do desempenho organizacional, tais como inovação, engajamento dos colaboradores, adaptabilidade, clima organizacional, inclusão e resiliência institucional. Em comparação com estilos de liderança tradicionais — como o transacional, o autoritário e o *laissez-faire* —, o modelo transformacional demonstra superioridade teórica e empírica ao promover práticas gerenciais centradas em inspiração, desenvolvimento de equipes e mobilização coletiva para objetivos estratégicos.

Constatou-se que essa forma de liderança é particularmente eficaz em contextos organizacionais marcados por complexidade, volatilidade e necessidade de inovação, sendo amplamente aplicável em ambientes de transformação digital, gestão de mudanças e desenvolvimento de culturas organizacionais sustentáveis. Tais evidências foram observadas de forma transversal nos estudos incluídos, tanto em análises setoriais (indústria, serviços, tecnologia e saúde) quanto em diferentes níveis hierárquicos, embora ainda haja lacunas sobre sua aplicação diferenciada entre níveis operacionais e estratégicos.

Contudo, a revisão também evidencia limitações metodológicas nos estudos analisados, com destaque para a predominância de delineamentos transversais baseados em questionários autorreferidos, a ausência de dados objetivos de desempenho organizacional e a escassez de investigações longitudinais ou multissetoriais. Adicionalmente, embora as quatro dimensões da liderança transformacional — influência idealizada, motivação inspiradora, estimulação intelectual e consideração individualizada — sejam amplamente aceitas, poucos estudos analisam seus efeitos de forma isolada, o que compromete a compreensão sobre quais componentes são mais determinantes para diferentes tipos de desempenho.

Do ponto de vista prático, foram identificados obstáculos significativos à implementação plena desse estilo de liderança, como barreiras culturais, falta de capacitação gerencial e ausência de suporte institucional. Esses fatores indicam que, para além da adesão conceitual, é necessário investimento estratégico em programas de desenvolvimento de líderes, estruturação

de políticas organizacionais coerentes e promoção de uma cultura organizacional que valorize comportamentos transformacionais.

Em síntese, esta revisão reforça a liderança transformacional como uma abordagem altamente recomendada para contextos empresariais contemporâneos que exigem adaptabilidade, cooperação e propósito coletivo. Ao mesmo tempo, revela a necessidade de avanços teórico-empíricos que superem limitações metodológicas, explorem variações contextuais e promovam maior aplicabilidade prática. Tais direções futuras são essenciais para consolidar, validar e operacionalizar de forma eficaz a liderança transformacional como modelo dominante de gestão organizacional no século XXI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULSALAM, T. M.; RAJAB, A.; EL SEESY, N. Transformational Leadership Style and Barriers of Application as Perceived by First Line Nurse Managers and Registered Nurses. *IOSR Journal of Nursing and Health Science*, v. 7, n. 1, p. 01-05, Jan.-Feb. 2018. DOI: 10.9790/1959-0701030105.
- ALVES, M. Práticas organizacionais de diversidade, equidade e inclusão para indivíduos neurodivergentes. Universidade do Porto, 2025.
- BARDET, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BARRETO, J. A. da C. *et al.* Gestão de pessoas no turismo: revisão da literatura internacional (2016-2020). *Revista Gestão Organizacional*, v. 15, n. 1, 2022.
- BASS, B. M.; RIGGIO, R. E. *Transformational Leadership*. 2. ed. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2006.
- BEGEÇ, S.; AKYUZ, A. Requisitos de liderança colaborativa e transformacional em ecossistemas digitais. 2023.
- BHATT, P.; BANSAL, S. Transformational leadership and its role in creating sustainable organizations: an empirical study. *Journal of Business Ethics*, v. 139, n. 2, p. 297-315, 2016.
- BORGES, S. S.; RUSSO, P. T.; AMARAL, J. V.; PARISI, C. Os efeitos da liderança transformacional no engajamento e no desempenho dos profissionais da área contábil. *Revista de Contabilidade do Mestrado em Ciências Contábeis da UERJ*, v. 29, n. 1, p. 40-56, jan./abr. 2024.

- CHAPLIN-CHEYNE, T. The limitations of transformational leadership. *Scope: Teaching & Learning*, n. 10, p. 170-174, 2021. DOI: 10.34074/scop.4010023.
- CHAVES, R. *et al.* Modelos de gestão de pessoas: uma revisão bibliográfica à luz da teoria de liderança. Universidade FUMEC, 2024.
- COSTA, M. F. *et al.* Mulheres na hotelaria: percepção do gênero no mercado. 2023.
- CUNHA, L. R. S.; SANTOS, M. R. Liderança e clima organizacional: quais são as principais frentes de pesquisa dos últimos três anos?. III ENGECC, 2023.
- DILLENBURG, M.; FROEHLICH, C.; BOHNENBERGER, M. Competências multiníveis dos líderes para transformação digital. 2023.
- EISENBERG, J.; POST, C.; DITOMASO, N. Team Dispersion and Performance: The Role of Team Communication and Transformational Leadership. *Small Group Research*, v. 50, n. 3, p. 348-380, 2019. DOI: 10.1177/1046496419827376.
- FEIJÓ, M. Liderança feminina nas organizações: uma revisão sistemática da literatura. UFMS, 2021.
- FURLAN, A. C. Liderança feminina e espiritualidade nas organizações: uma revisão sistemática. Franca: Centro Paula Souza, 2024.
- GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 23, n. 1, p. 183-184, 2014.
- GONZAGA, A.; AMOUZOU, K. Guiando as organizações do futuro: liderança responsiva e paradigma evolucionário. REGMPE, 2024.
- JUDGE, T. A.; PICCOLO, R. F. Transformational and transactional leadership: a meta-analytic test of their relative validity. *Journal of Applied Psychology*, v. 89, n. 5, p. 755-768, 2004. DOI: 10.1037/0021-9010.89.5.755.
- KATCHINDELE, M. T.; GOMES, R. N. C.; YAMBO, N. S. C. Liderança organizacional: uma revisão integrativa. *Revista Academicus Pro*, v. 2, n. 2, p. 29-41, 2024. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/academicus.v2i2.2>
- KHAN, H.; REHMAT, M.; BUTT, T. H.; FAROOQI, S.; ASIM, J. Impact of transformational leadership on work performance, burnout and social loafing: a mediation model. *Future Business Journal*, v. 6, art. 40, 2020. DOI: 10.1186/s43093-020-00043-8.
- LEITE, C. Liderança Transformacional e Desempenho Organizacional. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Instituto Politécnico do Porto, Porto, 2021.

- MARTINS, L. P.; VEIGA, H. M. S. Comportamentos de cidadania organizacional: revisão sistemática de literatura. *Revista Gestão & Conexões*, v. 11, n. 2, 2022.
- MERLO, D. L.; ZAIDAN, F.; BRAGA, J. L. Integração da gestão do conhecimento com OKRs e o desempenho organizacional: revisão sistemática de literatura. *Front. Repr. Conh.*, v. 2, n. 1, p. 45-63, 2022. DOI: 10.5281/zenodo.8352237
- MORITA, M. R.; VIEIRA, A. M.; PEREZ, G. Competências empreendedoras no ensino superior: uma revisão sistemática. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, v. 17, n. 13, 2024.
- PACHECO, O. S.; PEIXOTO, I.; MUNIZ, M. Inteligência emocional e liderança no contexto organizacional: uma revisão sistemática (1990-2020). *Revista Psicologia: Organizações e Trabalho*, v. 23, n. 1, p. 2415-2425, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5935/rpot/2023.1.23087>
- POZZA, M. F. A liderança como catalisadora da inovação nas organizações. *Navus – Revista de Gestão e Tecnologia*, v. 14, p. 1-13, jan./dez. 2024.
- PUPIM, M. *et al.* Liderança feminina sob a ótica do mercado de trabalho. 2022.
- SANTOS, M. M.; PORTO, J. B.; BORGES-ANDRADE, J. E. Liderança: revisão da literatura brasileira e comparação com a produção estrangeira. *Revista Psicologia: Organizações e Trabalho*, v. 21, n. 4, p. 1750-1757, 2021.
- SILVA, A. F.; RODRIGUES, S. M.; RIZZI, D. I. A relação entre a liderança organizacional e a resiliência: uma revisão integrativa. *Anais do Congresso Internacional do Conhecimento e Inovação (CIKI)*, 2023.
- SILVA, R. A.; RAMOS, M. Competências digitais e ambidestria organizacional. 2024.
- TEOH, B. E. W.; WIDER, W.; SAAD, A.; SAM, T. H.; VASUDEVAN, A.; LAJUMA, S. The effects of transformational leadership dimensions on employee performance in the hospitality industry in Malaysia. *Frontiers in Psychology*, v. 13, art. 913773, 2022. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.913773.
- TORRACO, R. J. Writing integrative literature reviews: guidelines and examples. *Human Resource Development Review*, v. 15, n. 4, p. 404-428, 2016.