

Cátedra OEI
ELENA
PISCOPIA

OEI idp

Livro 3

**TRANSIÇÃO JUSTA: NOVAS
TECNOLOGIAS, ENGENHARIAS
E TRANSFORMAÇÕES SOCIAIS**

Organização
Monica Sapucaia Machado
Gabryella Cardoso da Silva

Livro 3

**TRANSIÇÃO
JUSTA: NOVAS
TECNOLOGIAS,
ENGENHARIAS E
TRANSFORMAÇÕES
SOCIAIS**

Cátedra OEI
ELENA
PISCOPIA

OEI idp



Livro 3

**TRANSIÇÃO JUSTA: NOVAS
TECNOLOGIAS, ENGENHARIAS
E TRANSFORMAÇÕES SOCIAIS**

2026

Organização
Monica Sapucaia Machado
Gabryella Cardoso

Organização de Estados Ibero-Americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura (OEI)

Secretário Geral

Mariano Jabonero Blanco

Diretor no Brasil

Rodrigo Rossi

Coordenadora de Cooperação

Telma Texeira

Gerente de Educação

Santiago Plata

Coordenação da Cátedra OEI Elena Piscopia

Monica Sapucaia Machado

Organização da Obra

Monica Sapucaia Machado

Gabryella Cardoso da Silva

Comissão Organizadora do I Concurso de Artigos Científicos

Monica Sapucaia Machado

Santiago Plata

Gabryella Cardoso da Silva

Adoración Galera Victoria

Marcos Paulo Campos Cavalcanti

Aroaldo Oliveira da Silva

Comissão Avaliadora do I Concurso de Artigos Científicos

Adoración Galera Victoria

André Pereira Reinert Tokarski

Antonio Pérez Miras

Daniela Dobre

Denise de Almeida Andrade

Eloísa María Pérez Conchillo

João Pedro Ignácio Marsillac

João Sérgio dos Santos Soares Pereira

Jorge Luan Teixeira

Luciana da Conceição Farias Santana

Luiza Reis Teixeira

Marcos Paulo Campos Cavalcanti de Mello

Marta Lucena Pérez

Mauricio Antônio Tamer

Melina Ferracini de Moraes

Miguel José Arjona Sánchez

Monalisa Soares Lopes

Monica Sapucaia Machado

Monique Sochaczewski Goldfeld

Nadejda Rodrigues Marques

Pedro Bellentani Quintino de Oliveira

Priscila Duarte de Lira

Sandra Tavares

Vitor Eduardo Veras de Sandes Freitas

Revisão

Rafael Soff

Texto Certo Assessoria Linguística

Projeto Gráfico

Bárbara Monteiro

Diagramação

Camila Provenzi e Wladimir Oliveira

Texto Certo Assessoria Linguística

Agradecimento Especial

Francisco Balaguer Callejón

Centro de Investigação de Direito Constitucional Peter Härbele

OEI

idp



OPN
OBSERVATÓRIO DA
POLÍTICA NO NORDESTE



Copyright © 2026 by Organização de Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura (OEI).

Grafia atualizada segundo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, que entrou em vigor no Brasil em 2009.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da OEI. Fontes de imagens e dados de gráficos e tabelas são de responsabilidade dos autores.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contido, desde que citada a fonte.

Reproduções para fins comerciais são proibidas.

Impresso no Brasil – Abril de 2026.

Citação da obra:

ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS IBERO-AMERICANOS (OEI). **Transição justa:** novas tecnologias, engenharias e transformações sociais. Coordenação de Monica Sapucaia da Silva e Gabriella Cardoso da Silva. Brasília, DF: OEI, 2026. (Cátedra OEI Elena Piscopia).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Transição justa : novas tecnologias, engenharias e transformações sociais / [organização Monica Sapucaia Machado, Gabryella Cardoso da Silva] ; coordenação Monica Sapucaia Machado, Rodrigo Rossi. -- 1. ed. -- Brasília, DF : Organização dos Estados Ibero-americanos, 2026. -- (Transição justa : cátedra OEI Elena Piscopia ; 3)

Vários autores.

Bibliografia

ISBN 978-85-60226-28-3

1. Direitos humanos 2. Educação 3. Engenheiros
4. Inovações tecnológicas 5. Tecnologia educacional
6. Transformação educacional I. Machado, Monica Sapucaia. II. Silva, Gabryella Cardoso da.
III. Rossi, Rodrigo. IV. Série.

26-347327.0

CDD-371.33

Índices para catálogo sistemático:

1. Tecnologia educacional : Educação 371.33

PREFÁCIO

As mudanças climáticas se apresentam como um dos grandes desafios do presente e do futuro para o mundo do trabalho. Identificar vulnerabilidades, observar desafios e transformações, bem como fomentar o desenvolvimento de novas soluções e projetos para um mundo que requer mudanças profundas implica compreender esse fenômeno como algo que também sinaliza novos significados e necessidades para pensar o trabalho decente.

Mudanças profundas em todos os setores da economia, que afetam desde o uso de energia até os transportes e as inovações em infraestrutura, refletem a urgência do enfrentamento da crise climática. Esse enfrentamento, reunido sob a perspectiva da transição justa, impõe tarefas para a transformação de toda a sociedade: das empresas e setores produtivos às instituições de Estado, que devem dialogar e construir soluções.

Nenhuma transição é justa, contudo, se não for construída com diálogo social. Este compreende amplos setores da sociedade, que apresentam demandas, identificam questões relevantes e apontam soluções a serem construídas e efetivadas de forma integrada, com protagonismo das pessoas, para que a transição seja inclusiva, considerando questões como as transformações do mundo do trabalho, a igualdade de gênero e raça, a participação da juventude e, também, a participação dos povos indígenas e das comunidades tradicionais.

Os desafios das mudanças climáticas se dão em um mundo no qual setores produtivos já enfrentam mudanças constantes, em virtude de inovações tecnológicas em ritmo cada vez mais acelerado. Transformações implicam a necessidade de requalificação profissional, de adaptações e de inovações nas regulamentações trabalhistas que preservem e ampliem proteções conquistadas por meio da negociação coletiva e assentadas no diálogo social tripartite, envolvendo governo, trabalhadores e empregadores.

Além disso, as mudanças climáticas também implicam a emergência de novas demandas para o próprio setor produtivo, instado a desenvolver tecnologias e processos mais eficientes no uso de energia, que ofereçam soluções para a mitigação das mudanças climáticas e para a adaptação aos seus efeitos, bem como promovam transformações estruturais voltadas à sustentabilidade das operações em tempos de imprevisibilidades decorrentes das mudanças climáticas.

Trata-se, ainda, de reconhecer que essas demandas também integram o cotidiano das instituições e do mundo político, e que o caráter transversal dos impactos climáticos implica a necessidade de transformar políticas públicas em diversas áreas. Esta obra discute várias dessas demandas, como os impactos sobre as políticas públicas de saúde, a mobilidade urbana, a produção de alimentos e a transformação do espaço urbano.

Ao mesmo tempo, novas tecnologias seguem trazendo inovações tanto na estrutura do mundo do trabalho quanto nas instituições públicas. Logo, pensar a realização de uma transição justa significa observar que essas mudanças devem promover maior participação social, para que as transformações sejam construídas coletivamente.

Nessa perspectiva, as pesquisas apresentadas nesta obra desempenham papel importante nesse diálogo. Não há como pensar uma transição justa nos setores produtivos e nas instituições públicas, sem compreender a justiça ambiental de forma antirracista, feminista e inclusiva, de modo que também contemple a diversidade de todas as regiões de um país de dimensões continentais, sem um papel relevante da pesquisa científica e da comunidade acadêmica.

Os trabalhos aqui reunidos dão um passo relevante para fortalecer a construção de novos caminhos rumo a uma sociedade mais justa, com melhoria da qualidade de vida, que passa pela adaptação às mudanças climáticas, tanto nas instituições e na elaboração de políticas públicas quanto no aprimoramento contínuo das condições de trabalho, reforçando a possibilidade de um futuro que só será mais justo se for moldado com nossas próprias mãos, com diálogo e cooperação.

Luiz Marinho

Ministro de Estado do Trabalho e Emprego (MTE). Bacharel em Direito. Presidiu o Sindicato dos Metalúrgicos do ABC e a Central Única dos Trabalhadores. Também foi Ministro do Trabalho e Emprego entre 2005-2007 e prefeito de São Bernardo do Campo entre 2009-2016. Eleito Deputado Federal em 2022.

APRESENTAÇÃO

A Cátedra OEI Elena Piscopia é uma iniciativa financiada pela Organização de Estados Ibero-Americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura (OEI) e resulta do desenvolvimento de uma pesquisa de pós-doutorado realizada na Universidad de Granada, na Espanha. A partir desse percurso acadêmico, estruturou-se uma agenda de investigação voltada à afirmação da transição justa como um direito humano de natureza transversal, capaz de articular, de forma integrada, as dimensões sociais, ambientais, tecnológicas, econômicas e democráticas das transformações contemporâneas.

O I Concurso de Artigos Científicos promovido pela Cátedra OEI Elena Piscopia e a publicação desta coletânea integram esse esforço: transformar reflexão teórica qualificada em produção científica aplicada, comprometida com a redução das desigualdades e com a construção de respostas normativas, institucionais e tecnológicas aos desafios impostos simultaneamente pela crise climática e pela Revolução 4.0.

Este terceiro livro reúne os trabalhos premiados no Eixo III – Transição Justa: Novas Tecnologias, Engenharias e Transformações Sociais, dedicado a examinar o papel ambivalente da tecnologia no mundo contemporâneo. Se, por um lado, as inovações tecnológicas ampliam capacidades produtivas, criam soluções energéticas e oferecem instrumentos para a mitigação dos impactos ambientais, por outro, também carregam riscos evidentes: aprofundamento das desigualdades, precarização do trabalho, concentração de poder econômico e tecnológico e enfraquecimento de processos democráticos.

A hipótese que atravessa este livro é clara: não há neutralidade tecnológica. A forma como tecnologias são concebidas, reguladas e implementadas determina se elas atuarão como vetores de emancipação social ou como mecanismos de reprodução de injustiças históricas. Pensar a transição justa, nesse contexto, significa submeter a inovação científica e tecnológica a um critério ético e político fundamental: sua contribuição efetiva para a promoção dos direitos humanos, da justiça social e da dignidade humana.

Os artigos reunidos nesta obra refletem essa preocupação a partir de múltiplos campos do conhecimento e de diferentes escalas de análise. As contribuições dialogam com temas como tecnologias sociais, políticas públicas de saúde, mobilidade urbana, governança algorítmica, inteligência artificial, ativismo digital, conflitos territoriais envolvendo povos indígenas, mercado

de trabalho, conforto térmico urbano e desenvolvimento de novos materiais sustentáveis.

Mais do que um recorte temático, esta coletânea demonstra a qualidade, a diversidade metodológica e a maturidade da pesquisa científica brasileira no enfrentamento de problemas complexos e globais. Os trabalhos aqui apresentados evidenciam que a produção acadêmica desenvolvida no Brasil dialoga com o debate internacional e oferece perspectivas próprias, críticas e inovadoras, que são enraizadas em realidades sociais marcadas por desigualdades históricas, diversidade cultural e desafios estruturais específicos.

Nesse sentido, o livro reafirma que a construção de respostas para uma transição justa não pode ser pensada apenas a partir de modelos importados ou de experiências dos países centrais. As experiências, diagnósticos e soluções formuladas a partir do Sul Global são essenciais para o desenho de caminhos mais equitativos, realistas e comprometidos socialmente, com a capacidade de articular desenvolvimento tecnológico, justiça social e sustentabilidade ambiental.

O volume se inicia com reflexões sobre o potencial das tecnologias sociais como instrumentos de enfrentamento da pobreza e da desigualdade, avançando para análises sobre inovação tecnológica nas políticas públicas de saúde e sobre a mobilidade urbana como dimensão estratégica de uma transição justa nas cidades brasileiras. Em seguida, os textos abordam os desafios da incorporação da inteligência artificial em instituições centrais do Estado, como o Poder Judiciário, bem como as novas formas de ativismo climático mediadas por plataformas digitais.

Questões territoriais e ambientais aparecem de forma contundente nas análises sobre a transição energética em territórios indígenas e sobre a centralidade das cosmo percepções indígenas para a construção de uma transição justa e sustentável. O impacto das novas tecnologias no mercado de trabalho, sob a ótica do direito econômico, evidencia a urgência de políticas públicas de requalificação profissional e de regulação da inteligência artificial. Por fim, estudos aplicados em engenharia urbana e ciência dos materiais demonstram como soluções tecnológicas concretas podem contribuir para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e reduzir impactos ambientais nas cidades.

Embora distintos em seus objetos e metodologias, todos os artigos convergem em um ponto essencial: a transição justa não pode ser compreendida como

um ajuste meramente técnico ou econômico, mas como um direito humano fundamental e transversal, matriz teórica para orientação de projetos políticos, sociais e civilizatórios, que exigem governança democrática, regulação responsável da tecnologia e centralidade dos direitos humanos.

Este livro não pretende oferecer respostas definitivas. Ao contrário, apresenta-se como um convite à continuidade da pesquisa, ao aprofundamento do diálogo interdisciplinar e ao engajamento da comunidade técnico-científica na construção de soluções para um dos maiores desafios do nosso tempo.

Em um contexto de emergência climática, transformações tecnológicas aceleradas e crescente instabilidade social, avançar na pesquisa sobre a transição justa é uma agenda acadêmica urgente, e uma condição necessária para a própria existência da humanidade em bases socialmente justas, ambientalmente sustentáveis e democraticamente legítimas. É com esse compromisso que esta obra se coloca em circulação: como parte de um esforço coletivo, contínuo e urgente de produção de conhecimento orientado à ação e à transformação.

Monica Sapucaia Machado

Coordenadora da Cátedra OEI Elena Piscopia. Doutora e mestra em Direito Político e Econômico. Conselheira do Conselho Nacional de Educação (CNE). Coordenadora do Programa de Mestrado Profissional em Direito no Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa (IDP).



SUMÁRIO

TRANSIÇÃO JUSTA E TECNOLOGIAS SOCIAIS: UMA AGENDA EM CONSTRUÇÃO	15
Marcos Paulo Campos	
TRANSIÇÃO JUSTA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE SAÚDE: ESTRATÉGIAS PARA SISTEMAS DE CUIDADO EQUITATIVOS, PARTICIPATIVOS E SUSTENTÁVEIS	27
Giovani Bonassoli Fernandes	
TRANSIÇÃO JUSTA NA MOBILIDADE URBANA: UM VETOR DE TRANSFORMAÇÃO SOCIAL E DESENVOLVIMENTO NO BRASIL	45
Paula Zambelli Salgado Brasil Andrea Cristina de Jesus Oliveira	
GOVERNANÇA ALGORÍTMICA NO JUDICIÁRIO: IMPACTOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA SOBRE DIREITOS FUNDAMENTAIS E JUSTIÇA PROCESSUAL	71
Isabella da Penha Lopes Santana Fábio Vasconcelos Siqueira	
PLATAFORMISMO DE COALIZÃO COMO CIBERATIVISMO CLIMÁTICO: UMA PERSPECTIVA SOCIOLÓGICA	98
Frederico Salmi Lorena Cândido Fleury Ana Laura Rivoir Cabrera	
TRANSIÇÃO JUSTA: O TERRITÓRIO TAPUYA-KARIRI E AS PROPOSTAS DE PLANTATIONS ENERGÉTICAS	129
Táynna Maria de Assis Rodrigues	
DIREITOS HUMANOS E TRANSIÇÃO JUSTA EM TEMPOS DE RUPTURA	153
Raissa Amarins Mercandeli	



**COSMOPERCEÇÃO INDÍGENA COMO ELEMENTO FUNDAMENTAL PARA UMA
TRANSIÇÃO ECOLÓGICA JUSTA** 179

Giovanna Bolletta Perez

**OS IMPACTOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) NO MERCADO DE TRABALHO
SOB A PERSPECTIVA DO DIREITO ECONÔMICO** 196

Ariany Soares Cançado

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE PAVIMENTOS REFLETIVOS NA MITIGAÇÃO
DOS EFEITOS DE ILHAS DE CALOR URBANAS E NO CONFORTO TÉRMICO
EM DIFERENTES ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS DE UMA CIDADE DE CLIMA
TROPICAL** 221

Larissa Virgínia da Silva Ribas

José Roberto Pereira dos Santos

Verônica Teixeira Franco Castelo Branco

**DESENVOLVIMENTO DE UM BIOPLÁSTICO A PARTIR DA MUCILAGEM DO
XIQUE-XIQUE (*PILOSOCEREUS GOUNELLEI*)** 261

Maria Orlanilda Sousa de Araujo

Thiago Fernandes da Silva







TRANSIÇÃO JUSTA E TECNOLOGIAS SOCIAIS: UMA AGENDA EM CONSTRUÇÃO

Marcos Paulo Campos¹

Resumo: A Transição Justa pode ser entendida como um paradigma teórico-prático que preconiza a indução de transformações sociais, econômicas e ambientais em favor de uma economia de baixo carbono sem prejuízo para trabalhadores e comunidades. A afinidade entre a Transição Justa e as iniciativas sociotécnicas de baixo custo voltadas a solucionar problemas estruturais dos segmentos mais vulneráveis da sociedade, regularmente chamadas de tecnologias sociais, é uma evidência contemporânea. A perspectiva de uma economia descarbonizada e a busca por soluções baratas para contextos de pobreza e desigualdade podem ser reunidas em uma profícua agenda de pesquisa e intervenção social. Neste capítulo, de forma não exaustiva, trataremos dessa agenda em construção tanto do ponto de vista da produção acadêmica como da ótica das experiências de enfrentamento à desigualdade comprometidas com a sustentabilidade e o fortalecimento comunitário. A seção seguinte apresenta reflexões sobre lacunas dos estudos especializados a partir de um mapeamento de artigos científicos. Em seguida, outras duas seções descreverão experiências comunitárias com tecnologias sociais, sendo elas a Casa de Semente e o Bioágua, que serão observadas sob o prisma da Transição Justa. Ao final, algumas conclusões serão apresentadas.

1. Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas da Universidade Estadual do Ceará (UECE). Professor colaborador do Programa de Pós-Graduação em Sociologia da UECE. Professor adjunto do Curso de Ciências Sociais da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). Doutor em Sociologia pelo Instituto de Estudos Sociais e Políticos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IESP-UERJ) com doutorado-sanduíche no International Institute of Social Studies of Erasmus University Rotterdam (ISS-EUR). Ganador do Prêmio José Gomes da Silva (2019) de Melhor Tese em Sociologia Rural da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER). Mestre em Sociologia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Recebeu Menção Honrosa da ANPOCS (2012) na categoria Dissertação de Mestrado. Graduado em Ciências Sociais pela UFC. Filiado à Associação Brasileira de Ciência Política. Bolsista de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e Inovação Tecnológica da Funcap (Edital BPI 04/2022). Membro dos seguintes grupos de pesquisa do CNPQ: Núcleo de Estudos, Pesquisa e Extensão em Democracia, Desenvolvimento e Território (NEDET/UVA); Grupo de Pesquisa Democracia, Partidos e Políticas Públicas do PPGPP-UECE; Núcleo de Estudos em Teoria Social e América Latina (NETSAL/IESP-UERJ); e Laboratório de Estudos sobre Política, Eleições e Mídia (LEPEM/UFC).



TRANSIÇÃO JUSTA E TECNOLOGIAS SOCIAIS: REFLEXÕES A PARTIR DE UM BALANÇO ACADÊMICO

A Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) localiza 420 trabalhos acadêmicos quando se busca títulos com o termo “tecnologia social”. A Scientific Electronic Library Online (SCIELO) Brasil, para a mesma busca, registra mais de 1.300 artigos, com proeminência das áreas de Saúde, Políticas Públicas e Meio Ambiente.

A temática da Transição Justa (TJ), por sua vez, não tem sorte semelhante. Ao se requerer artigos sobre o tema na plataforma SCIELO Brasil, menos de 15 registros são apresentados e a maioria dos trabalhos trata de transição energética e mudança climática. Outras teses e dissertações podem ser agrupadas a partir de preocupações com trabalhadores industriais. Reflexões sobre Transição Justa em comunidades são raras. A BDTD registra dez trabalhos em que o termo “transição justa” aparece no título.

Todos estão diretamente ligados à questão da transição energética, exceto a tese de Ana Maria Castro² que versa sobre a integração de catadores à gestão de resíduos. Quando se busca por assunto, a BDTD registra apenas três trabalhos sobre Transição Justa. Isso significa que parte das tendências de pesquisa propostas pela literatura internacional sobre o tema ainda precisa ser acolhida no âmbito dos estudos da pós-graduação nacional.

Galanis *et al.*³, em artigo seminal e provocativo, ressaltam que a Transição Justa se apresenta como uma reconstrução das políticas baseadas na abordagem da transição verde.

Essa reconstrução foi proposta porque pesquisas com distintas metodologias demonstraram que transformações produtivas com preocupações exclusivamente ambientais legaram a grupos vulneráveis custos desproporcionais. Nesse sentido, as intervenções estatais, empresariais e multilaterais ou as iniciativas da sociedade civil com objetivos de descarbonização, despoluição e sustentabilidade precisam, portanto, minimizar os custos relativos a esse processo para os grupos mais vulneráveis, considerando sua responsabilidade desigual pelos danos ambientais. Se a transição verde foi responsável por criar novas políticas, o paradigma da Transição Justa pretende orientar a escolha entre as opções já existentes com base em critérios de justiça social e direitos humanos.

2 CASTRO, Ana Maria Rodrigues Costa de. **Análise da integração de catadores à gestão de resíduos para uma transição justa para a economia circular**. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2025.

3 GALANIS, Giorgos *et al.* Defining just transition. **Ecological Economics**, [s. l.], n. 227, p. 1-6, 2025.

O caráter justo das políticas de transição para uma economia de baixo carbono não pode ser pensado fora das relações assimétricas entre as nações. As desigualdades estruturantes do sistema-mundo⁴ exigem uma percepção mais aguçada sobre as possibilidades efetivas de descarbonização para quem está no centro, na periferia e na semiperiferia globais. Isso significa que seria problemático a Transição Justa se tornar uma agenda bloqueadora do direito ao desenvolvimento no contexto da mudança climática⁵, considerando a demanda por produção de riqueza e distribuição de renda presente em tantos continentes.

No caso da América do Sul, Sebastian Valdecantos⁶ identifica um dilema regional em torno da Transição Justa a partir de três premissas. A primeira delas reconhece que os países da região têm falhado em reduzir a distância entre seus padrões de vida e aqueles encontrados nos países desenvolvidos. A segunda identifica a exportação de bens primários como um fator irremovível das economias sul-americanas a curto e médio prazos. A terceira e última reconhece que as nações do subcontinente estão, em sua maioria, comprometidas com a descarbonização, e que inclusive elaboraram planos robustos para isso. A contribuição dos países sul-americanos em emissões de gases do efeito estufa é baixa. Embora a sua participação no Produto Interno Bruto (PIB) global seja de 4,5%, a sua quota nas emissões globais é de 3%. Entretanto, a sua dependência de atividades com uso intensivo de recursos naturais acarreta uma série de riscos. Isso porque a maior parte desses países constrói sua estabilidade macroeconômica na dependência da exportação de produtos primários que, em muitos casos, estão relacionados com processos produtivos que serão afetados negativamente pela série de políticas que a transição verde global implica.

A diversificação relativamente baixa e as grandes lacunas tecnológicas em comparação com as economias avançadas dificultam que países como o Brasil e a Argentina alcancem níveis mais elevados de prosperidade com uma economia ambientalmente sustentável. Esse tem sido um objetivo repetidamente prejudicado pela necessidade de equilíbrio da balança comercial. De acordo com Valdecantos⁷, se as limitações estruturais na estrutura produtiva sul-americana não forem superadas, a descarbonização da economia, seja ela imposta pelo resto do mundo ou decidida soberanamente por cada nação

4 WALLERSTEIN, Immanuel. **World-Systems Analysis: an introduction**. Durham: Duke University Press, 2004.

5 MILANI, Carlos. Emergência climática versus direito ao desenvolvimento. **Carta Internacional**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 1-24, 2024.

6 VALDECANTOS, Sebastian. The green transition dilemma: the impossible (?) quest for prosperity of South American economies. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 230, p. 1-14, 2025.

7 VALDECANTOS, Sebastian. The green transition dilemma: the impossible (?) quest for prosperity of South American economies. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 230, p. 1-14, 2025.



sul-americana, estará exposta ao dilema de aumentar o crescimento ou reduzir a emissão de gases do efeito estufa.

O Brasil merece destaque quando se trata de compromisso governamental com o enfrentamento adequado à mudança climática. Segundo Valdecantos⁸, além de abrigar mais de 60% da maior floresta tropical do mundo e outros biomas específicos com alta biodiversidade, o governo brasileiro possui um plano de política pública exemplar quando se trata de transformação econômica estrutural com compromisso ambiental na América do Sul.

O Plano Novo Brasil – Plano de Transformação Ecológica, anunciado pelo governo brasileiro em 2023 durante a COP28 na cidade de Dubai, reúne três objetivos principais: geração de empregos e aumento de produtividade, promoção da justiça social e conquista da sustentabilidade ambiental.

A implementação dos objetivos do Plano Novo Brasil considera os seguintes vértices: finanças sustentáveis, desenvolvimento tecnológico, bioeconomia, transição energética, economia circular, novas infraestruturas e adaptação. Essa política pública governamental se propõe a utilizar uma combinação de instrumentos de financiamento, tributação e regulamentação para favorecer atividades econômicas de baixo carbono nas quais possui vantagens comparativas. No entanto, a despeito do interessante desenho institucional, Sebastian Valdecantos⁹ alerta que, considerando os impactos ambientais negativos diretos das principais exportações do país, em que se destacam o petróleo bruto e a soja, tal plano deve ser abordado e acompanhado com cautela.

As desigualdades regionais internas aos países, e não só as assimetrias do sistema-mundo, importam bastante no contexto das políticas de Transição Justa. Em razão disso, o Nordeste do Brasil merece atenção particularizada por acumular, em seu histórico, um alto nível de pobreza e problemas climáticos, com destaque para a escassez de chuvas do clima semiárido. É bem verdade que, mais recentemente, a região registrou avanços significativos na redução dos níveis de miséria a ponto de colaborar significativamente para a saída do país do Mapa da Fome da Organização das Nações Unidas (ONU). Também deve ser registrado o desenvolvimento de políticas e tecnologias sociais para a convivência com as particularidades do semiárido no Nordeste, uma *expertise* que envolveu a sociedade civil e os diferentes níveis de governo.

A partir de experiências com tecnologias sociais na referida região, as seções seguintes deste capítulo refletem sobre as problemáticas suscitadas

8 VALDECANTOS, Sebastian. The green transition dilemma: the impossible (?) quest for prosperity of South American economies. *Ecological Economics*, [s. l.], v. 230, p. 1-14, 2025.

9 VALDECANTOS, Sebastian. The green transition dilemma: the impossible (?) quest for prosperity of South American economies. *Ecological Economics*, [s. l.], v. 230, p. 1-14, 2025.

pelo paradigma em favor de uma economia de baixo carbono diante de contextos em que soluções para a conjunção entre desigualdade social e mudança climática estão em curso.

1 AS MULHERES DO CAMPO E AS SEMENTES CRIOULAS NA TRANSIÇÃO JUSTA

Todos os estados do Nordeste do Brasil possuem áreas semiáridas. O Ceará, por sua vez, é a unidade da federação com mais terreno no referido clima. Um total de 98,7% do território cearense está marcado por baixas precipitações, altas temperaturas e solos tendentes à erosão e desertificação. Em razão disso, configura-se uma concentração produtiva intraestadual na qual a Serra da Ibiapaba se destaca. Essa região serrana do Noroeste cearense concentra em seus nove municípios quase metade da produção agrícola do estado¹⁰.

Em 2023, a Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Governo do Ceará afirmou que 44,3% da produção agrícola e 30% do PIB agrícola estadual estão na Serra de Ibiapaba. É na Ibiapaba que se registra também o maior Valor Bruto da Produção Agrícola (VBP) cearense, sendo a mais rentável a cultura do tomate e seu VBP de R\$ 716,9 milhões¹¹.

O clima e o solo ibiapabanos atraíram empresas agropecuárias nacionais como a Trebesch, maior produtora brasileira de tomates, que tem fazenda de cultivo sob telas no município de Ubajara. Outras empresas nacionais na região são a Itauera Agropecuária, que produz pimentões com tecnologia de cultivo protegido em estufas, a Reijers, que sob estufas produz grande variedade de flores, e a Fazenda Santo Expedito, da família Schwartz, que também produz flores e é filiada à maior cooperativa da floricultura de Alhambra/SP. As três estão no município de São Benedito. Por um lado, esses dados indicam o quanto a Serra da Ibiapaba tem importância para o abastecimento de alimentos no mercado interno e para a agroexportação nacional, além de demonstrarem que essa região tem importância para o abastecimento de alimentos no mercado interno do Ceará. Por outro lado, a Ibiapaba também reúne importantes iniciativas de tecnologias de transição ecossocial como o Bioágua, o biogás, as mandalas de cultivo, a casa de sementes, os quintais produtivos e os defensivos naturais. Em razão disso tudo, a Serra da Ibiapaba se tornou um lócus privilegiado para a análise sobre o desenho de intervenções que considerem

10 PIMENTEL, Samuel. Se perder litígio com Piauí, Ceará põe em risco 30% do seu PIB agrícola. **O Povo**, 4 nov. 2023.

11 PIMENTEL, Samuel. Se perder litígio com Piauí, Ceará põe em risco 30% do seu PIB agrícola. **O Povo**, 4 nov. 2023.



a relação entre Transição Justa e tecnologias sociais. Entre essas, a casa de sementes e o Bioágua serão observados com lupa.

A casa de sementes é uma tecnologia social experimentada pelos moradores do Assentamento Santa Madalena, localizado na zona rural do município Ibiapabano de Tianguá. Ela foi uma iniciativa da Cáritas, um organismo de ação social da Igreja Católica. Isso já demonstra que as comunidades rurais possuem relacionamentos para além das instituições estatais quando se trata de políticas públicas voltadas à sustentabilidade e à segurança hídrica em contexto climático adverso. Em entrevista concedida à equipe de um projeto de pesquisa financiado pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, a assentada Adriana Santos falou que o assentamento Santa Madalena “*é ruim de chuva*”. E completou: “*chove em Tianguá, mas não chega no [assentamento] Santa Madalena; a gente só sente o frio*”¹². Ela também explicou que a relevância da casa de sementes do assentamento dá-se por ela ser coordenada pelas mulheres assentadas. Isso porque as mulheres são mais afeitas à diversificação dos cultivos em seus quintais produtivos, que são os terrenos circundantes às casas das famílias assentadas nos quais a produção de frutas, verduras e plantas medicinais costuma ser feita pelas assentadas. No Santa Madalena, a coordenação da casa de sementes está com Dona Raimunda, uma senhora que lidera o assentamento desde seu início. Outra dimensão fundamental, segundo Adriana, é que a tecnologia social trazida pela Cáritas funciona como um banco comunitário de sementes crioulas, ou seja, um estoque de grãos para o plantio de culturas locais com alta adaptação ao semiárido, cuja preservação foi feita por gerações sucessivas de agricultores tradicionais.

A maioria das sementes crioulas do Santa Madalena é de milho e feijão. No entanto, a assentada reconhece que há agricultores assentados que preferem comprar sementes da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE), empresa estadual de extensão rural. Essas sementes compradas não podem ir para o banco da casa de sementes porque não são crioulas. Adriana reconheceu que as sementeiras crioulas nem sempre dão bons resultados. O atrativo das sementes da EMATERCE estaria na produtividade mais garantida. Alguns grãos para plantio da casa de sementes também são trocados entre as casas de sementes ou quando há eventos de agricultores. A assentada relatou que, recentemente, a coordenadora da casa de sementes do Santa Madalena levou uma sementeira de milho branco para o estoque comunitário e surpreendeu os assentados que nunca tinham visto essa variação de

12 CAMPOS, Marcos Paulo. **Relatório Técnico-Científico Final**: Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e Inovação Tecnológica da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico: BP5-0197-00055.01.00/22. Fortaleza: Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2025. p. 4.

milho branco na vida. As trocas e o aprendizado sobre a biodiversidade nessa tecnologia social, como se pode ver, são intensos e cotidianos.

O Assentamento Santa Madalena fica ao lado do Assentamento Valparaíso, onde há uma adutora que o constituiu como um oásis produtivo na região. Há também uma casa de sementes no Valparaíso. Os moradores do Santa Madalena costumam comparar sua experiência com a de seus vizinhos porque os percebem como mais bem-sucedidos. A casa de sementes, portanto, não é uma iniciativa nascida no Assentamento Santa Madalena. Na verdade, essa tecnologia social vem sendo difundida no semiárido por movimentos sociais do campo e organizações não governamentais em diferentes perspectivas políticas, mas com o objetivo precípuo de assegurar a conservação da biodiversidade da Caatinga, bioma exclusivamente brasileiro muito presente no território do Nordeste¹³. Nesse sentido, convém demarcar que, embora os discursos sobre o sucesso do Assentamento Valparaíso enfatizem a disponibilidade hídrica, também entra em cena o fato de essa comunidade assentada ter feito sua casa de sementes na fase inicial de sua conformação. Ao se falar das sementes crioulas, entram em questão as formas de organização, a produtividade e a possibilidade da produção orgânica em larga escala. Todos esses temas são conexos à Transição Justa.

A intermitência dos contatos dos líderes da instituição promotora da iniciativa não tem impedido as assentadas de manterem as atividades do banco comunitário de grãos para plantio. Isso não significa que conflitos de gestão da casa de sementes não tenham lugar nas relações entre as mulheres que dinamizam o estoque de grãos para plantio¹⁴. A continuidade da casa de sementes, a despeito do pouco acompanhamento e dos conflitos entre as participantes, indica uma forte opção comunitária pelo uso de sementeiras crioulas. Essa opção, contudo, convive com as pressões em favor do uso de sementes da biotecnologia por causa da alta produtividade percebida nessas últimas. Aqui, pode-se falar um pouco das mandalas e dos defensivos naturais. As mandalas de multicultivos se instalaram na paisagem das comunidades pesquisadas e mais parecem uma ampliação do plantio consorciado (de milho e feijão) tão comum ao semiárido. No entanto, embora sejam um cultivo conjunto, elas permitem uma ampliação de culturas e da segurança alimentar da família cultivadora, expandem horizontes com relação à produção de alimentos e favorecem efetivamente a biodiversidade e a transição para cultivos agroecológicos.

13 LEAL, Inara *et al.* Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Megadiversidade*, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 139-146, 2005.

14 CAMPOS, Marcos Paulo. **Relatório Técnico-Científico Final**: Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e Inovação Tecnológica da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico: BP5-0197-00055.01.00/22. Fortaleza: Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2025.



Os defensivos naturais, mesmo quando malsucedidos inicialmente, permitem que se instale uma busca por controle de pragas fora da agroquímica, beneficiando a manutenção de mananciais importantes. A tecnologia social da casa de sementes é uma evidência do relevante papel das mulheres nos processos de transição de cultivos e conservação da biodiversidade no campo, em um contexto de elevada adversidade climática. Contudo, não é exatamente uma novidade se afirmar a importância das mulheres nesse contexto. Entre tantos trabalhos sobre essa temática, é possível destacar o livro de Renata Motta¹⁵ e a importante análise que a autora faz sobre a atuação das Mães de Ituzaingó na luta contra os organismos geneticamente modificados na Argentina. Propostas de articulação entre o paradigma da Transição Justa e as tecnologias sociais devem considerar as vivências das mulheres de assentamentos rurais do semiárido como as demonstradas nesta seção.

2 O BIOÁGUA E A PROBLEMÁTICA DOS CUSTOS DA TRANSIÇÃO

A política pública de convivência com o semiárido perpassa diferentes órgãos governamentais dos estados do Nordeste. No Ceará, o Projeto São José (PSJ), executado pela Secretaria do Desenvolvimento Agrário, busca, há mais de duas décadas, promover a sustentabilidade e a competitividade rural com ênfase na agricultura familiar. A Comunidade Santa Rosa, localizada na zona rural de Ipu, outro município da Serra da Ibiapaba, recebeu do PSJ a tecnologia social do Bioágua para enfrentar as dificuldades de abastecimento hídrico e manejo dos quintais produtivos. Dona Elândia Cunha, moradora de Santa Rosa, relatou à equipe de um projeto de pesquisa financiado pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico que muito do que ela planta no entorno de sua casa só foi possível a partir da política pública de fortalecimento dos quintais produtivos¹⁶. Ela disse que antes não tinha um local adequado porque sempre criou animais e ficava difícil plantar porque os porcos e as galinhas destroem os cultivos. Dona Elândia mora na comunidade de Santa Rosa há 42 anos. Ela se mudou com seus pais quando tinha apenas dois anos de idade e desde sempre foi agricultora familiar, assim como seus pais que, até hoje, plantam e colhem todos os anos. Durante esse

15 MOTTA, Renata. **Entre controvérsia e hegemonia**: os transgênicos na Argentina e no Brasil. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2018.

16 CAMPOS, Marcos Paulo. **Relatório Técnico-Científico Final**: Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e Inovação Tecnológica da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico: BP5-0197-00055.01.00/22. Fortaleza: Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2025.

tempo, os problemas por água sempre foram recorrentes, principalmente quando a região passava por períodos de grandes secas e as políticas públicas mal existiam para eles. No entanto, hoje se pode perceber que esse cenário melhorou muito em razão da política das cisternas e também por agora eles terem água encanada na comunidade, mesmo ela não sendo de uma boa qualidade. O terreno da família de Dona Elândia reúne três das várias tecnologias sociais e ambientais que foram impulsionadas pelo governo estadual via PSJ, sendo elas: o biogás, que fica próximo ao curral das vacas, o quintal produtivo, que fica atrás da casa, e o Bioágua, que fica próximo ao quintal produtivo. No entanto, segundo Dona Elândia e Senhor Carlos Cunha, marido dela, que colabora no manejo agrícola, o Bioágua nunca funcionou¹⁷. Essa tecnologia social de convivência com o semiárido foi instalada em um local distante dos roçados. Isso dificultou os cuidados porque o Bioágua precisa de manejo, praticamente, todos os dias. O quintal produtivo tem pé de goiaba, caju, coco, acerola e mamão. Dona Elândia disse que tentou plantar pés de bananeira também, mas era comum a entrada de bacorinhos, que comem os pés de bananeira até ela cair e morrer.

O caso da Comunidade Santa Rosa ilustra bem o cotidiano de incompletude das políticas públicas no campo da segurança hídrica, e coloca questões importantes quando se pensa sobre o custo da transição para uma economia de baixo carbono. O que Dona Elândia planta no seu quintal não é suficiente para ela ter muito o que colher, até mesmo para o próprio usufruto da família. As goiabeiras são alvos dos pássaros que sempre bicam as goiabas para comer, os pés de caju ainda são pequenos e os de coco, também. Há também um pequeno canteiro suspenso que fica em cima de um dos telhados do Bioágua. Dona Elândia relatou que já faz algum tempo que planta naquele pequeno canteiro e que tira água da própria cisterna para regá-lo. Ela já chegou a pegar água em uma lagoa que fica atrás das pedras, por detrás de sua casa, mas afirmou que fez isso por pouco tempo porque a lagoa seca rápido e a água vai ficando suja por causa dos animais que vão para lá. O Bioágua participa pouco das soluções da instabilidade hídrica da Comunidade Santa Rosa em razão do manejo intenso que demanda. Essa tecnologia não parece ter se incorporado à rotina de trabalho das famílias agricultoras daquela comunidade do município de Ipu. Ao ser questionada sobre por que ela não utiliza a água encanada, Dona Elândia disse que a água encanada que é fornecida é de péssima qualidade. Segundo a mora-

17 CAMPOS, Marcos Paulo. **Relatório Técnico-Científico Final**: Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e Inovação Tecnológica da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico: BP5-0197-00055.01.00/22. Fortaleza: Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2025.



dora, “a água encanada é salgada. Quando fizeram o poço, era pior ainda; até para tomar banho era difícil”¹⁸.

A água danificava os materiais do banheiro e Senhor Carlos tinha que, permanentemente, desentupir a caixa-d’água porque o sal que vinha na água se acumulava. Em razão disso, a água da cisterna de placas, outra tecnologia social, era utilizada quase para tudo: beber, cozinhar, lavar o cabelo, enxaguar as roupas etc. Para muitas dessas atividades poder-se-ia usar a própria água encanada, se ela fosse de boa qualidade. Dona Elândia disse que só conheceu a tecnologia do Bioágua após a chegada do projeto na comunidade. Ela teve que arcar com os custos da mão de obra para cavar os buracos. Mesmo com a ajuda do marido, precisou chamar e pagar com recursos próprios outra pessoa para conseguir realizar a tarefa. Depois disso, o técnico do projeto fez intervenções para deixar o Bioágua no ponto de ser utilizado; e ficou faltando apenas a instalação dos canos. No entanto, a tecnologia nunca chegou a funcionar, pois, segundo a agricultora, devido à tecnologia ter uma bomba que é responsável por transferir a água já limpa de um dos recipientes para a caixa-d’água, seu marido achou que poderia ser alto o dispêndio financeiro com energia elétrica e optou por não finalizar o projeto. Pouco tempo depois, ele fez ajustes para que a caixa-d’água do projeto servisse para que o armazenamento da água que vem da rua encanada pudesse ser utilizado para aguar as plantas do quintal produtivo.

O que foi construído para o Bioágua nunca foi utilizado, mesmo que tenham chegado todos os equipamentos. No último período chuvoso, um dos buracos que servia como recipiente para armazenar a água tratada acabou enchendo com as chuvas e o marido da agricultora decidiu tapar o buraco com barro, pois ele se tornaria um foco para o mosquito da dengue. A única coisa da tecnologia do Bioágua que está servindo é a caixa-d’água de plástico. Apesar de a tecnologia não funcionar como deveria, Dona Elândia relatou que, com a chegada do Bioágua, vieram alguns benefícios, principalmente na sua plantação. A partir do Projeto Paulo Freire, ela recebeu sementes para plantação. Mas o solo do seu quintal é muito pedregoso, o que impede muitas plantas de se desenvolverem¹⁹. Ela disse que já perdeu alguns pés de goiaba, acerola e banana por conta do solo, pois eles crescem até determinado tamanho e, depois, morrem. Dona Elândia disse também que, mesmo com os percalços na relação com o Bioágua, aceitaria receber novamente a tecnologia; mas somente se fosse para ser utilizada da forma correta.

18 CAMPOS, Marcos Paulo. **Relatório Técnico-Científico Final**: Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e Inovação Tecnológica da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico: BP5-0197-00055.01.00/22. Fortaleza: Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2025.

19 CAMPOS, Marcos Paulo. **Relatório Técnico-Científico Final**: Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e Inovação Tecnológica da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico: BP5-0197-00055.01.00/22. Fortaleza: Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2025.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo buscou tratar da relação entre a Transição Justa e as tecnologias sociais como uma agenda frutífera ainda pouco explorada na produção acadêmica no Brasil. Isso ocorre mesmo quando se consideram as diferentes experiências de enfrentamento à mudança climática em curso no país. Considerando as especificidades regionais tão marcantes da realidade brasileira, o capítulo se voltou para o semiárido nordestino e encontrou nele a casa de sementes e o Bioágua como duas tecnologias sociais que evidenciam as tensões para a agenda de Transição Justa no país. O envolvimento comunitário das mulheres assentadas, o qual sustenta a casa de sementes do Assentamento Santa Madalena, e os elevados custos de instalação e manutenção, que inviabilizaram o Bioágua na Comunidade Santa Rosa, serviram para corporificar, em dois casos, a problemática teórico-prática dos caminhos para a produção hipocarbônica.

A abordagem em favor da economia de baixo carbono pode renovar suas perspectivas de análise e seus desenhos de política pública ao observar o contexto dos agricultores familiares da Serra da Ibiapaba no Ceará. Isso quando se considera que essas famílias rurais têm contribuição ínfima para o problema climático, asseguram a conservação da biodiversidade e incorporam as tecnologias sociais da agroecologia; mas, muitas vezes, são chamadas a arcar com custos de transição significativos para suas baixas rendas. É exemplar disso o fato de as famílias da zona rural ibiapabana terem que pagar pelo trabalho de quem cava os buracos para a instalação do Bioágua – porque esse custo não é coberto pelo poder público. Outra questão é a atividade de coordenação das casas de sementes não ser vista como um serviço remunerável, ficando a carga do trabalho não pago das mulheres. Essas experiências demonstram, portanto, que os caminhos justos para a descarbonização não estão democratizados. A agenda pública, em razão disso, deve estar plenamente aberta ao debate.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, Marcos Paulo. **Relatório Técnico-Científico Final:** Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e Inovação Tecnológica da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico. BP5-0197-00055.01.00/22. Fortaleza: Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2025.



CASTRO, Ana Maria Rodrigues Costa de. **Análise da integração de catadores à gestão de resíduos para uma transição justa para a economia circular**. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2025. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-24062025-090627/publico/CORRIGIDA_Ana_Maria_Rodrigues_Costa_de_Castro.pdf. Acesso em: 18 mar. 2026.

GALANIS, Giorgos *et al.* Defining just transition. **Ecological Economics**, [s. l.], n. 227, p. 1-6, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800924002672?via%3Dihub>. Acesso em: 18 mar. 2026.

LEAL, Inara *et al.* Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 139-146, 2005. Disponível em: <https://encurtador.com.br/dwia>. Acesso em: 18 mar. 2026.

MILANI, Carlos. Emergência climática versus direito ao desenvolvimento. **Carta Internacional**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 1-24, 2024. Disponível em: <https://www.cartainternacional.abri.org.br/Carta/article/view/1412/1001>. Acesso em: 18 mar. 2026.

MOTTA, Renata. **Entre controvérsia e hegemonia: os transgênicos na Argentina e no Brasil**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2018.

PIMENTEL, Samuel. Se perder litígio com Piauí, Ceará põe em risco 30% do seu PIB agrícola. **O Povo**, 4 nov. 2023. Disponível em: <https://mais.opovo.com.br/jornal/economia/2023/11/04/se-perder-litigio-com-piaui-ceara-poe-em-risco-30-do-seu-pib-agricola.html> Acesso em: 7 ago. 2024.

VALDECANTOS, Sebastian. The green transition dilemma: the impossible (?) quest for prosperity of South American economies. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 230, p. 1-14, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800924004051?via%3Dihub>. Acesso em: 18 mar. 2026.

WALLERSTEIN, Immanuel. **World-Systems Analysis: an introduction**. Durham: Duke University Press, 2004.



TRANSIÇÃO JUSTA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE SAÚDE: ESTRATÉGIAS PARA SISTEMAS DE CUIDADO EQUITATIVOS, PARTICIPATIVOS E SUSTENTÁVEIS

Giovani Bonassoli Fernandes²⁰

Resumo: O estudo analisa as inter-relações entre transição justa, inovação tecnológica e políticas públicas de saúde, propondo estratégias para a construção de sistemas de cuidado equitativos, participativos e sustentáveis. Fundamentado em abordagem qualitativa, exploratória e teórico-reflexiva, o trabalho parte de revisão bibliográfica e documental de publicações e marcos normativos nacionais e internacionais, compreendendo o período de 2003 a 2025. A análise hermenêutica e dialógica permitiu interpretar criticamente os sentidos e disputas que atravessam as políticas de ciência, tecnologia e inovação em saúde, relacionando-as aos princípios da justiça social e da

20 Acadêmico do segundo ano de Medicina na Universidade Estadual de Maringá (UEM), complementando sua formação com extensões universitárias em canto lírico, teatro, ciências biológicas aplicadas ao ensino e diversas capacitações em gestão em saúde, tecnologias digitais e administração pública, o que evidencia sua atuação interdisciplinar. No percurso acadêmico, destacou-se como pesquisador bolsista de Iniciação Científica (PIBIC) já no primeiro ano de graduação, desenvolvendo pesquisa inédita na UEM sobre morfofisiologia da voz e saúde vocal, com impacto direto na elaboração de materiais educativos voltados a profissionais da voz. Atua como pesquisador/desenvolvedor bolsista de Iniciação Tecnológica e Inovação (PIBITI), elaborando, através de programação e Inteligência Artificial (IA), ferramentas inéditas para promoção da saúde e divulgação científica. Participa de diversos projetos de pesquisa que obtiveram financiamento robusto de instituições públicas e privadas de fomento, como a Fundação Araucária do Estado do Paraná (FA) e da Associação Brasileira de Educação Médica (ABEM). Paralelamente, é monitor da disciplina de Embriologia na universidade, participando de atividades de iniciação à docência em cursos da saúde e ciências biológicas. Atua como o representante discente do Conselho Universitário (COU) da UEM, órgão máximo de deliberação da instituição, participando de diversas decisões de impacto no ambiente acadêmico. Entre os projetos concluídos, destaca-se sua participação na Operação Rondon Paraná 2025, ação de inovação extensionista em campo que beneficiou mais de 38 mil pessoas em comunidades vulneráveis, consolidando o papel da universidade na inclusão social; também representou a UEM em diversas apresentações culturais e intercâmbio artístico-culturais com demais instituições. Sua trajetória evidencia a integração entre ensino, pesquisa, extensão, gestão e arte, reafirmando sua contribuição social e científica para a formação médica, cultura e democratização do conhecimento.



sustentabilidade. O artigo sustenta que a transição justa, historicamente vinculada às questões ambientais e laborais, deve ser incorporada às políticas públicas de saúde como eixo estratégico de transformação social. Essa incorporação requer alinhar o avanço tecnológico às dimensões éticas e participativas do cuidado, garantindo que a inovação não aprofunde desigualdades, mas amplie a inclusão e o acesso universal. A partir de autores como Stevis, McGrath e Deneulin, Gadelha e Temporão, o estudo discute o papel do Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS), da Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde (PNCTI/S) e das Parcerias para o Desenvolvimento Produtivo (PDPs) na construção de soberania tecnológica e sustentabilidade social. Conclui-se que a integração entre transição justa e inovação tecnológica é condição essencial para fortalecer o Sistema Único de Saúde (SUS) e promover um modelo de desenvolvimento que una equidade, participação democrática e responsabilidade ambiental, reafirmando a saúde como direito e bem público fundamental.

INTRODUÇÃO

As transformações socioambientais e tecnológicas que marcam o século XXI colocam em evidência a urgência de repensar os modelos de desenvolvimento e de cuidado em saúde à luz de novos paradigmas éticos e sustentáveis. A intensificação das mudanças climáticas, a crescente desigualdade social e a aceleração da inovação tecnológica desafiam os sistemas públicos de saúde a promover respostas integradas, participativas e inclusivas. Nesse contexto, a noção de transição justa emerge como um conceito estruturante para o redesenho das políticas públicas de saúde, ao propor a articulação entre justiça social, sustentabilidade ambiental e inovação tecnológica como pilares de um novo contrato social voltado à proteção da vida e à equidade. O presente estudo investiga de que modo a transição justa pode orientar a incorporação da inovação tecnológica nas políticas públicas de saúde, de forma a fortalecer sistemas de cuidado equitativos, participativos e ambientalmente responsáveis.

A relevância desta investigação reside na constatação de que o avanço tecnológico, embora promissor, tem produzido contradições profundas no campo da saúde pública. Se por um lado possibilita diagnósticos mais precisos, terapias inovadoras e maior eficiência na gestão do cuidado, por outro, tende a reproduzir assimetrias históricas de acesso, dependência tecnológica e

exclusão social. Gadelha e Temporão²¹ alertam que, sem uma orientação ética e distributiva, a inovação pode aprofundar as desigualdades entre países e regiões, comprometendo a universalidade do Sistema Único de Saúde (SUS). A análise aqui proposta, portanto, busca compreender como integrar o potencial transformador da tecnologia a um projeto de transição justa, capaz de assegurar que o progresso técnico se converta em bem-estar coletivo e não em instrumento de concentração de poder e renda.

Ao longo da última década, autores como Stevis²², McGrath e Deneulin²³ e Díaz Orueta²⁴ ampliaram o escopo do conceito de transição justa, deslocando-o de seu foco inicial no setor energético para uma abordagem mais abrangente, que envolve os campos do trabalho, da educação e da saúde. Essa expansão teórica reflete a percepção de que as transições ecológicas e tecnológicas só serão efetivas se forem acompanhadas por processos sociais inclusivos e democráticos. No campo da saúde, tal perspectiva implica repensar não apenas as práticas assistenciais, mas também os fundamentos epistemológicos e institucionais que sustentam as políticas públicas. Assim, este estudo parte do pressuposto de que a justiça climática, a inovação tecnológica e a equidade em saúde são dimensões indissociáveis de um mesmo processo civilizatório. Apesar dos avanços teóricos e normativos, o debate sobre a integração entre transição justa e inovação tecnológica nas políticas de saúde ainda é incipiente, sobretudo em contextos do Sul Global. No Brasil, políticas como a Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde (PNCTI/S) e as Parcerias para o Desenvolvimento Produtivo (PDPs) representam esforços importantes de incorporação tecnológica com base em princípios de soberania e equidade. No entanto, permanecem lacunas quanto à articulação dessas políticas com as agendas de sustentabilidade e participação social. Este estudo busca preencher parte dessa lacuna, ao propor uma reflexão crítica sobre como o Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS) e outras estratégias institucionais podem contribuir para uma transição justa que reforce a capacidade pública, reduza dependências externas e promova inclusão social e ambiental.

A originalidade deste trabalho reside em propor uma leitura interseccional e sistêmica das políticas públicas de saúde, integrando dimensões éticas, ecológicas, econômicas e tecnológicas sob o marco da transição justa. Diferentemente de abordagens que tratam inovação e sustentabilidade como

21 GADELHA, Carlos Augusto Grabois; TEMPORÃO, José Gomes. Desenvolvimento, inovação e saúde: a perspectiva teórica e política do Complexo Econômico Industrial da Saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 6, p. 1891-1902, 2018.

22 STEVIS, Dimitris. A globalização da Transição Justa no mundo do trabalho: políticas de escala e de escopo. *Tempo Social: Revista de Sociologia da USP*, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 57-77, maio/ago. 2021.

23 McGRATH, Simon; DENEULIN, Séverine. Education for Just Transitions: Lifelong learning and the 30th Anniversary Human Development Report. *International Review of Education*, [s. l.], v. 67, p. 637-658, 2021.

24 DÍAZ ORUETA, Fernando. Crisis ecosocial, territorio e iniciativas de acción colectiva en España: estrategias para una transición justa (2011-2022). *Cuaderno Urbano*, [s. l.], n. 35, p. 169-190, ago. 2023.



esferas dissociadas, este estudo as compreende como elementos coevolutivos de uma mesma transformação social. Apoiado em uma base teórica plural – que abrange desde a economia política da saúde até os estudos de justiça ambiental e inovação social –, o artigo defende que o futuro dos sistemas de cuidado dependerá da capacidade de articular saberes técnicos e populares, inovação tecnológica e democracia participativa. Ao fazer isso, contribui para reposicionar a saúde pública no centro das discussões sobre o desenvolvimento sustentável e a transição ecológica global.

Por fim, esta pesquisa justifica-se pela urgência de construir uma agenda de políticas públicas que concilie eficiência tecnológica, equidade social e sustentabilidade ambiental. Publicar este estudo é relevante não apenas para o campo acadêmico, mas também para a formulação de estratégias públicas que orientem a reconstrução de sistemas de cuidado resilientes diante das crises sanitárias e climáticas contemporâneas. Ao demonstrar que a inovação tecnológica pode – e deve – ser orientada por valores de justiça e solidariedade, este trabalho reforça a importância de uma transição justa como horizonte ético e político para o século XXI. Assim, mais do que discutir ferramentas ou processos técnicos, o artigo propõe uma reflexão sobre o próprio sentido do cuidado, convidando à construção de sistemas de saúde que reconheçam a dignidade humana e a sustentabilidade como fundamentos indissociáveis do bem comum.

1 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, exploratória e teórico-reflexiva, voltada à análise das inter-relações entre transição justa, inovação tecnológica e políticas públicas de saúde. A escolha por essa abordagem decorre do propósito de compreender fenômenos complexos e interdependentes que envolvem dimensões éticas, sociais, econômicas e ambientais, impossíveis de serem reduzidos a mensurações quantitativas. A investigação foi conduzida sob uma perspectiva crítico-interpretativa, sustentada pela compreensão de que a produção do conhecimento em saúde e políticas públicas deve estar comprometida com a transformação social e com a construção de práticas emancipatórias e sustentáveis. A metodologia fundamentou-se em análise bibliográfica e documental, orientada pela revisão de literatura científica, relatórios institucionais e marcos normativos nacionais e internacionais. Foram consultadas bases de dados como Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed, Scopus, Periódicos

da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Google Scholar, abrangendo publicações entre 2003 e 2025, período em que o debate sobre transição justa e inovação tecnológica ganhou relevância no campo das políticas públicas e da saúde coletiva. A seleção do material considerou como critérios de inclusão obras que abordassem a articulação entre sustentabilidade, equidade social, tecnologia e políticas de cuidado, bem como textos que contribuíssem para o entendimento crítico da transição ecológica e da inovação em sistemas de saúde.

A análise seguiu uma lógica hermenêutica e dialógica, buscando interpretar os conceitos e suas interconexões à luz dos princípios da justiça social e da sustentabilidade. Assim, a leitura dos textos não se limitou à identificação de categorias temáticas, mas procurou compreender os sentidos subjacentes às políticas e práticas analisadas, relacionando-os às transformações históricas e estruturais dos sistemas de cuidado. Essa postura interpretativa permitiu reconhecer que a produção científica e normativa sobre o tema reflete disputas de valores, interesses e paradigmas de desenvolvimento, tornando indispensável uma leitura crítica e situada das fontes. Paralelamente, procedeu-se à análise documental de políticas públicas e instrumentos institucionais relacionados à ciência, tecnologia e inovação em saúde, como a Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde (PNCTI/S), as Parcerias para o Desenvolvimento Produtivo (PDPs) e as diretrizes da Estratégia Saúde da Família (ESF). Esses documentos foram examinados à luz dos princípios da transição justa, com ênfase em seus potenciais de inclusão social, sustentabilidade e fortalecimento do Sistema Único de Saúde (SUS). Tal articulação entre fontes teóricas e políticas concretas visou compreender de que maneira a inovação tecnológica pode ser integrada a um projeto de desenvolvimento que seja ao mesmo tempo equitativo, participativo e ambientalmente responsável.

A escolha metodológica, portanto, reflete o compromisso ético-político de produzir conhecimento orientado para a transformação social e para a consolidação de um sistema de saúde que valorize o humano em sua integralidade. A partir da análise das produções teóricas, normativas e institucionais, buscou-se identificar caminhos possíveis para a formulação de políticas públicas que incorporem a justiça climática, a equidade de gênero e geração, o direito à saúde e a sustentabilidade como dimensões indissociáveis. Mais do que propor respostas conclusivas, esta metodologia pretendeu abrir espaços de reflexão crítica e diálogo interdisciplinar, reconhecendo que a construção de sistemas de cuidado justos e sustentáveis depende de processos coletivos, participativos e contínuos de aprendizado social.



2 DESENVOLVIMENTO

A noção de Transição Justa (TJ), historicamente associada à saúde e segurança ocupacional, ao controle de produtos químicos e à mitigação de riscos ambientais, expandiu-se para além do debate climático e energético, alcançando setores como o da saúde. Essa ampliação é indispensável para contemplar todas as categorias de trabalhadores e comunidades impactadas pelas transformações socioecológicas contemporâneas. A pandemia de covid-19, ao expor a fragilidade dos sistemas de proteção social, evidenciou a urgência de ambientes laborais mais seguros e de sistemas públicos capazes de proteger a vida e o bem-estar coletivo. Nesse sentido, Stevis²⁵ sustenta que a TJ deve ser compreendida como um processo integrado, articulando sustentabilidade, equidade e justiça social, ao mesmo tempo que incorpora a inovação tecnológica e a Indústria 4.0 de forma ética e inclusiva. Para que seja efetiva, entretanto, é necessário que se apoie em processos participativos e em um diálogo social contínuo, capazes de mitigar desigualdades e fortalecer a proteção dos grupos mais vulneráveis.

A crise ecossocial intensificada pela pandemia reforçou que a TJ não pode se restringir a soluções tecnocráticas. Díaz Orueta²⁶ argumenta que políticas públicas de transição no setor da saúde precisam priorizar a participação cidadã e territorial, de modo a assegurar que as transformações tecnológicas sejam orientadas por necessidades sociais e não apenas por imperativos econômicos. Nesse contexto, a TJ assume papel central na reorganização do sistema produtivo global, posicionando trabalhadores e comunidades no cerne das transições ecológicas e econômicas. A integração entre finanças sustentáveis e inovação tecnológica, mediada por instrumentos como o Transition Finance Framework do G20, reforça a necessidade de estratégias participativas ajustadas a cada realidade socioeconômica, como observa Taschetto²⁷.

Ao reconhecerem que os efeitos da crise climática recaem de forma desproporcional sobre populações pobres e marginalizadas, Iyengar *et al.*²⁸ defendem que a TJ constitui um arcabouço essencial para a construção de sistemas de cuidado equitativos. Essa transformação exige não apenas inovação tecnológica voltada ao planeta, mas também uma renovação da consciência cívica, em que o diálogo social e o engajamento comunitário sejam elementos

25 STEVIS, Dimitris. A globalização da Transição Justa no mundo do trabalho: políticas de escala e de escopo.

Tempo Social: Revista de Sociologia da USP, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 57-77, maio/ago. 2021.

26 DÍAZ ORUETA, Fernando. Crisis ecosocial, territorio e iniciativas de acción colectiva en España: estrategias para una transición justa (2011-2022). **Cuaderno Urbano**, [s. l.], n. 35, p. 169-190, ago. 2023.

27 TASQUETTO, Lucas da Silva. **Dimensionando a transição justa:** internacionalização do conceito e sua incorporação ao financiamento da transição. Eixo 4: Comércio, Investimento, Negócios. [S. l.]: Instituto Brasil-União Europeia; European Union, 2024.

28 IYENGAR, Radhika *et al.* Ecopedagogy as a Lever for Climate Justice Towards a Just Transition. **Current Issues in Comparative Education**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 197-215, 2025.

estruturantes das políticas de transição. McGrath e Deneulin²⁹ acrescentam que esse processo demanda o fortalecimento de capacidades e valores transformadores, baseados na aprendizagem contínua e na crítica ao *status quo* injusto, promovendo aprendizado coletivo e ação transgressiva em prol da sustentabilidade. A efetividade da TJ depende, portanto, de políticas públicas transversais que integrem dimensões sociais, econômicas, ecológicas e formativas. Hernaiz³⁰ enfatiza que, além de promover empregos verdes e reconversão produtiva, é imprescindível investir em formação técnica e digital, assegurando que mulheres e jovens participem ativamente das novas cadeias produtivas. Nesse horizonte, a democratização ambiental e a participação cidadã emergem como pilares de uma democracia substantiva voltada à justiça social e à melhoria da qualidade de vida, como ressalta Pérez³¹. A experiência europeia ilustra tanto os desafios quanto as potencialidades da TJ. O fechamento gradual de minas e termelétricas até 2038, impulsionado pelo Acordo de Paris e apoiado por programas como o “Horizon 2020”, busca promover reconversão produtiva e descarbonização. Entretanto, Brose³² observa que o enraizamento de culturas econômicas tradicionais ainda limita a inovação e perpetua vulnerabilidades sociais e sanitárias, exigindo novas estratégias de inclusão e aprendizado local. No mesmo sentido, Abrunhosa e Sousa e Nossa³³ destacam que o avanço do teletrabalho, alinhado à 4ª Revolução Industrial, demonstra o potencial de compatibilizar transição ecológica e desenvolvimento sustentável, desde que acompanhado de políticas que assegurem a participação dos trabalhadores e a formação em competências verdes e digitais. Mais amplamente, Grainger e Spours³⁴ defendem que a TJ deve articular-se à economia do cuidado e à economia fundacional, reconhecendo saúde e bem-estar como dimensões centrais da sustentabilidade social.

A inovação tecnológica, enquanto elemento da transição sociotécnica, precisa estar inserida em ecossistemas sociais de transição multinível, conectando práticas cotidianas, instituições públicas e políticas nacionais, de modo a fortalecer o aprendizado ecológico e o engajamento cívico. Essa articulação é particularmente relevante no Sul Global, onde, segundo Aliaga, Padilha e

29 McGRATH, Simon; DENEULIN, Séverine. Education for Just Transitions: Lifelong learning and the 30th Anniversary Human Development Report. **International Review of Education**, [s. l.], v. 67, p. 637-658, 2021.

30 HERNAIZ, Helisa Sierra. El proceso de transición justa: Los empleos verdes como instrumentos para su implementación. **Foro**, [s. l.], n. 40, p. 69-82, 2023.

31 PÉREZ, María Eugenia Cubero. La participación ciudadana de los movimientos socioambientales en América Latina. **Revista Colombiana de Sociología**, Bogotá, v. 42, n. 1, p. 135-156, 2019.

32 BROSE, Markus Erwin. O desafio da transição justa: do carvão mineral à bioeconomia nas regiões europeias. **Revista Mestrado em Desenvolvimento Regional e de Sistemas Produtivos**, Ponta Porã, v. 4, n. 7, p. 102-118, mar. 2020.

33 ABRUNHOSA E SOUSA, Duarte; NOSSA, Rita Marques. O papel do teletrabalho na transição justa. **Revista Trabalho, Direito e Justiça**, Curitiba, v. 2, p. 1-15, e061, 2024.

34 GRAINGER, Paul; SPOURS, Ken. The mediating role of further and higher education in a Just Transition social ecosystem. **Journal of Vocational Education & Training**, London, v. 76, n. 2, p. 307-330, 2024.



Leivas³⁵, o paradoxo entre o avanço tecnológico e as condições degradantes de trabalho exige estratégias redistributivas, como o uso de *royalties* da mineração (CFEM) para financiar a diversificação econômica e a qualificação profissional, garantindo que ninguém seja deixado para trás. Mata e Mont'alverne³⁶ acrescentam que a TJ deve consolidar-se como instrumento de integração entre justiça climática, equidade social e inovação tecnológica. Ao alinhar-se ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 7, que propõe energia limpa e acessível, a transição amplia sua contribuição para o bem-estar coletivo e para a gestão sustentável dos recursos. A construção de sistemas de cuidado equitativos e sustentáveis depende, portanto, de políticas energéticas e tecnológicas que considerem as especificidades territoriais e promovam justiça distributiva em todas as fases da transição.

A inovação tecnológica, entendida como novas formas de pensar, criar ou aplicar conhecimentos, métodos e técnicas, constitui elemento central para a transformação dos paradigmas sociais e para a melhoria da qualidade de vida. No setor da saúde, a tecnologia – compreendida como o conjunto de técnicas aplicadas aos processos de cuidado – tem possibilitado avanços expressivos, como diagnósticos mais rápidos e precisos, além do aumento da longevidade. Carvalho e Vieira³⁷ destacam, contudo, que o valor central permanece na garantia da qualidade, condição essencial para sustentar a complexa pesquisa e desenvolvimento de fármacos e equipamentos inovadores. Nesse contexto, a Propriedade Intelectual (PI) surge como mecanismo estratégico, assegurando exclusividade de produção e comercialização por meio de patentes e marcas, de modo a recompensar os altos investimentos realizados. Ainda assim, a incorporação tecnológica deve ser acompanhada por inovação educacional, de forma a capacitar profissionais aptos a utilizar plenamente esses recursos e a personalizar procedimentos conforme as necessidades específicas de cada paciente.

A criação da Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde (PNCTI/S) representou um esforço estruturante para organizar a pesquisa em saúde no Brasil, historicamente fragmentada. Guimarães³⁸ observa que essa política, fundamentada em equidade e rigor ético, exige a ampliação da cadeia do conhecimento e a inclusão de pesquisadores de diferentes áreas,

35 ALIAGA, Márcia Kamei López; PADILHA, Norma Sueli; LEIVAS, Luciano Lima. Sustentabilidade na atividade de mineração? Redefinindo o papel dos royalties para a construção de políticas de transição justa de trabalho e desenvolvimento social. **Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos**, Florianópolis, v. 45, n. 98, p. 1-33, 2024.

36 MATA, Antônio Lucas dos Santos da; MONT'ALVERNE, Tarin Cristino Frota. Transição justa e desenvolvimento sustentável na União Europeia: o plano de investimento do Pacto Ecológico e o ODS 7. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 15, n. 3, e264, set./dez. 2024.

37 CARVALHO, Marinilza Bruno de; VIEIRA, Mariane Wandenkolk. A inovação tecnológica em educação e saúde: um caminho promissor. **GoldBook: Inovação Tecnológica em Educação e Saúde**, Rio de Janeiro, p. 721-732, 2015.

38 GUIMARÃES, Reinaldo. Bases para uma política nacional de ciência, tecnologia e inovação em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 375-387, 2004.

além das biomédicas tradicionais. Para tanto, é essencial a construção de uma agenda de prioridades pactuada entre gestores e pesquisadores, bem como a superação da desarticulação entre os Ministérios da Saúde e da Ciência e Tecnologia, a ampliação das fontes de financiamento e a recuperação da infraestrutura de pesquisa nos hospitais de ensino. Nesse cenário, o Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS), emergente nos anos 2000, desempenha papel decisivo no avanço do Sistema Único de Saúde (SUS). Fundamentado em matrizes da economia política marxista, schumpeteriana, keynesiana e estruturalista, o CEIS considera a saúde como espaço estratégico para geração de valor, emprego, renda, conhecimento e inovação. Gadelha e Temporão³⁹ ressaltam que, diante da dependência externa e do déficit crescente da balança comercial da saúde, o Estado assumiu papel central na indução de investimentos e na intervenção sistêmica, utilizando instrumentos como as Parcerias para o Desenvolvimento Produtivo (PDPs). Essas parcerias, ao mobilizarem o poder de compra do Estado, estimularam a produção local e a transferência de tecnologia, gerando economia significativa para o Ministério da Saúde e ampliando a autonomia tecnológica nacional.

No âmbito da atenção básica, a Estratégia Saúde da Família (ESF) constitui exemplo de inovação tecnológica não material e incremental. Soratto *et al.*⁴⁰ apontam que a ESF promove a integralidade do cuidado e a superação do modelo fragmentado da biomedicina, articulando conhecimento científico e práticas de vínculo, acolhimento e autonomia. Atuando em equipes multiprofissionais, a estratégia ampliou a cobertura assistencial e contribuiu para a redução da mortalidade infantil e para o controle de doenças crônicas. A inovação em serviços de saúde, especialmente em contextos de envelhecimento populacional e crescente incorporação tecnológica, exige ajustes estruturais e atenção à sustentabilidade dos sistemas democráticos. Costa⁴¹ observa que, embora a inovação seja definida como a introdução intencional de ideias, processos ou produtos que beneficiem indivíduos e sociedades, ainda carece de referencial teórico consolidado, o que prejudica a formulação de políticas públicas. Essa lacuna contribui para a negligência de inovações invisíveis – não tecnológicas – que promovem equidade e coesão social. O desafio, nesse sentido, é conciliar melhor cuidado, melhor saúde populacional e menor custo, dilema particularmente agudo no Brasil.

39 GADELHA, Carlos Augusto Grabois; TEMPORÃO, José Gomes. Desenvolvimento, inovação e saúde: a perspectiva teórica e política do Complexo Econômico Industrial da Saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 6, p. 1891-1902, 2018.

40 SORATTO, Jacks *et al.* Estratégia saúde da família: uma inovação tecnológica em saúde. *Texto & Contexto Enfermagem*, Florianópolis, v. 24, n. 2, p. 584-592, abr./jun. 2015.

41 COSTA, Laís Silveira. Inovação nos serviços de saúde: apontamentos sobre os limites do conhecimento. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 32, supl. 2, e00151915, 2016.



Os serviços hospitalares, dentro do CEIS, também desempenham papel central na dinâmica de inovação. Barbosa e Gadelha⁴² destacam que os hospitais concentram recursos especializados e tecnologias densas, articulando base produtiva e processos de inovação, além de atuarem como demandantes de produtos industriais. Apesar disso, os estudos sobre inovação hospitalar ainda são incipientes, sendo necessário compreender o hospital como centro articulador de inovações tecnológicas, organizacionais e sociais.

A Política de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde (CT&I) constitui componente estratégico do SUS, estruturando-se sobre três pilares: o próprio sistema, a base produtiva de bens e serviços e a capacidade instalada de pesquisa. Guimarães *et al.*⁴³ ressaltam que, embora as PDPs tenham promovido sinergia entre avanço industrial-tecnológico e acesso popular a medicamentos, persistem desafios, como a necessidade de uma PI orientada ao interesse público e o enfrentamento da judicialização da saúde, que compromete a equidade e a alocação racional de recursos. As políticas públicas de saúde, fundamentais ao Estado-providência, enfrentam pressões de crescimento de gastos, mudanças demográficas e restrições fiscais. Silva⁴⁴ argumenta que a sustentabilidade, a equidade e a qualidade do cuidado formam um triângulo interdependente, no qual a autonomia clínica e a capacidade decisória dos profissionais são decisivas para equilibrar eficiência econômica e eficácia clínica.

No Brasil, a associação entre saúde e desenvolvimento permanece em construção. Viana e Elias⁴⁵ observam que políticas recentes, como a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) e o Profarma, indicam movimento em direção a um modelo de transição, buscando integração entre políticas econômica, social e de ciência e tecnologia. Nesse sentido, Gadelha e Braga⁴⁶ defendem que a desarticulação entre sistemas de saúde e inovação evidencia a necessidade de intervenção estatal para induzir produção local, reduzir preços e fortalecer laboratórios públicos, consolidando a saúde como instrumento estratégico de desenvolvimento. A renovação dos estudos sobre saúde, desenvolvimento e inovação tecnológica exige resgate do conceito de desenvolvimento sob a ótica estruturalista. Viana *et al.*⁴⁷ destacam que, no Brasil, a atuação estatal passou por fases desenvolvimentistas, reguladora

42 BARBOSA, Pedro Ribeiro; GADELHA, Carlos Augusto Grabois. O papel dos hospitais na dinâmica de inovação em saúde. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 46, p. 68-75, 2012.

43 GUIMARÃES, Reinaldo *et al.* Política de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 881-886, 2019.

44 SILVA, Mariana Vieira da. Políticas públicas de saúde: tendências recentes. **Sociologia, Problemas e Práticas**, Lisboa, n. 69, p. 121-128, maio 2012.

45 VIANA, Ana Luiza D'Ávila; ELIAS, Paulo Eduardo M. Saúde e desenvolvimento. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 1765-1777, 2007.

46 GADELHA, Carlos Augusto Grabois; BRAGA, Patrícia Seixas da Costa. Saúde e inovação: dinâmica econômica e Estado de Bem-Estar Social no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 32, supl. 2, e00150115, 2016.

47 VIANA, Ana Luiza d'Ávila *et al.* Saúde, desenvolvimento e inovação tecnológica: nova perspectiva de abordagem e de investigação. **Lua Nova**: Revista de Cultura e Política, São Paulo, n. 83, p. 41-77, 2011.

e de novo desenvolvimentismo, sendo crucial articular lógica econômica e proteção social.

Nesse processo, políticas como a criação da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde (SCTIE), a PNCTI/S e a Agenda Nacional de Prioridades de Pesquisa ilustram uma abordagem integradora. No campo das representações sociais, Oliveira⁴⁸ mostra que a compreensão da aids pelos profissionais de saúde evoluiu significativamente, passando de uma associação com morte e estigma para a percepção de condição crônica gerenciável, embora elementos de preconceito ainda persistam. Já Rodrigues e Spagnuolo⁴⁹ analisam as Organizações Sociais de Saúde (OSS), destacando vantagens como agilidade administrativa, mas também limitações em relação à participação social e à transparência, o que exige fortalecimento de mecanismos de fiscalização. Fleury e Ouverney⁵⁰ defendem que a política de saúde deve ser compreendida como política social que sustenta a reprodução das coletividades, com base no direito à saúde como dimensão da cidadania. A Constituição de 1988⁵¹ consolidou o SUS nesse modelo, promovendo universalidade e participação social por meio de Conselhos e Conferências de Saúde. Entretanto, Freitas⁵² observa que, embora os problemas ambientais impactem diretamente a saúde coletiva, a contribuição das ciências sociais nesse campo tem sido limitada, devido à predominância de abordagens técnicas e naturalistas. Borde, Hernández-Álvarez e Porto⁵³ acrescentam que a abordagem dos Determinantes Sociais da Saúde (DSS), defendida pela Organização Mundial da Saúde (OMS), apresenta limitações por focar apenas em fatores observáveis, sem considerar as relações estruturais de poder. Em contraste, a perspectiva da Determinação Social (DS), presente na Medicina Social latino-americana, propõe análise mais ampla, identificando como desigualdades de classe, gênero e etnia moldam a saúde. Rattner⁵⁴ reforça que os impactos do modelo capitalista predatório sobre a saúde e o bem-estar são especialmente severos para populações vulneráveis, evidenciando a íntima relação entre desigualdade social e deterioração

48 OLIVEIRA, Denize Cristina de. Construção e transformação das representações sociais da aids e implicações para os cuidados de saúde. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, Ribeirão Preto, v. 21, n. esp., p. 1-10, jan./fev. 2013.

49 RODRIGUES, Clarita Terra; SPAGNUOLO, Regina Stella. Organizações Sociais de Saúde: potencialidades e limites na gestão pública. *Revista Eletrônica de Enfermagem*, Goiânia, v. 16, n. 3, p. 549-557, jul./set. 2014

50 FLEURY, Sonia; OUVERNEY, Assis Mafor. Política de saúde: uma política social. In: GIOVANELLA, Lígia *et al.* (org.). *Políticas e sistema de saúde no Brasil*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2007. p. 23-56.

51 BRASIL. [Constituição (1988)]. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

52 FREITAS, Carlos Machado de. Problemas ambientais, saúde coletiva e ciências sociais. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 137-150, 2003.

53 BORDE, Elis; HERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, Mario; PORTO, Marcelo Firpo de Souza. Uma análise crítica da abordagem dos Determinantes Sociais da Saúde a partir da medicina social e saúde coletiva latino-americana. *Saúde em Debate*, Rio de Janeiro, v. 39, n. 106, p. 841-854, jul./set. 2015.

54 RATTNER, Henrique. Meio ambiente, saúde e desenvolvimento sustentável. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 6, p. 1965-1971, 2009.



ambiental. Nesse mesmo horizonte, Faria *et al.*⁵⁵ argumentam que as Práticas Integrativas e Complementares em Saúde (PICS) configuram inovação sustentável, ao alinharem cuidado integral com princípios de sustentabilidade social, ecológica e econômica. A enfermagem, segundo os autores, desempenha papel central nesse processo, promovendo humanização, vínculo e autonomia dos usuários. Lanza e Viegas⁵⁶ acrescentam que a segurança do profissional de saúde (SPS), frequentemente negligenciada em favor da segurança do paciente, é componente estratégico para a criação de sistemas resilientes e humanizados, vinculados ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 3. Para eles, não há cuidado seguro sem profissionais seguros, sendo imprescindível valorizar o trabalhador e promover equidade nas relações laborais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo deste estudo permitiu compreender que a transição justa constitui não apenas um conceito emergente nas agendas globais de sustentabilidade, mas um imperativo ético e civilizatório para o campo da saúde pública. Mais do que uma diretriz de reconversão produtiva ou tecnológica, trata-se de um processo que convoca Estados, instituições, comunidades e trabalhadores a repensarem o próprio sentido do desenvolvimento, articulando justiça social, equidade e sustentabilidade ambiental. Nesse horizonte, a inovação tecnológica deve ser entendida não como fim em si mesma, mas como meio para a promoção do bem comum, orientada por valores de solidariedade, participação cidadã e respeito à vida em todas as suas dimensões. As reflexões apresentadas evidenciam que o avanço científico e tecnológico, quando desvinculado de uma perspectiva de justiça social, pode reproduzir as desigualdades estruturais que historicamente marcam os sistemas de cuidado. Assim, o desafio contemporâneo consiste em reconciliar a inovação com a ética do cuidado, garantindo que o progresso técnico se traduza em benefícios sociais amplos, acessíveis e sustentáveis. Para tanto, é imprescindível fortalecer políticas públicas de saúde baseadas no diálogo entre diferentes saberes, no engajamento comunitário e na valorização dos profissionais que sustentam o cotidiano dos serviços, reconhecendo-os como agentes de transformação e não apenas como executores de protocolos.

55 FÁRIA, Christiane Bisaia Garbelini Alves de *et al.* O uso das práticas integrativas e complementares pela enfermagem como inovação sustentável em saúde. **Revista Delos**, Curitiba, v. 18, n. 67, p. 1-19, 2025.

56 LANZA, Fernanda Moura; VIEGAS, Selma Maria da Fonseca. Segurança do profissional de saúde: por um sistema de saúde humanizado, resiliente e sustentável. **Revista de Enfermagem Referência**, Coimbra, v. 6, n. 4, e25ED1, 2025.

A integração entre transição justa e inovação tecnológica demanda uma profunda reorientação institucional, capaz de articular políticas econômicas, ambientais e sanitárias sob uma lógica sistêmica e cooperativa. Isso significa romper com a fragmentação que separa o campo da saúde das agendas de desenvolvimento e industrialização, reafirmando o papel estratégico do Complexo Econômico-Industrial da Saúde (CEIS) como vetor de soberania, autonomia tecnológica e equidade distributiva. Do mesmo modo, exige o fortalecimento de iniciativas como a Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde (PNCTI/S) e das Parcerias para o Desenvolvimento Produtivo (PDPs), que traduzem a capacidade do Estado de induzir inovação com responsabilidade social e compromisso público. Contudo, a efetividade dessa transição depende da democratização do processo decisório, garantindo que os rumos da tecnologia e da política sejam definidos com a participação ativa de trabalhadores, usuários e comunidades. A justiça climática e social, nesse contexto, só se concretiza quando os sujeitos afetados pelas transformações tecnológicas e ambientais passam a ser também coprodutores das soluções. Assim, o diálogo social contínuo e a educação emancipadora emergem como ferramentas fundamentais para o fortalecimento de capacidades críticas e para a construção de sociedades mais resilientes e solidárias.

A transição justa na saúde, portanto, é inseparável de uma transição cultural e pedagógica, que recoloca a vida no centro das decisões tecnológicas e econômicas. Isso implica reconhecer que os sistemas de cuidado não se limitam à infraestrutura e ao financiamento, mas envolvem dimensões simbólicas e afetivas, enraizadas em práticas de escuta, vínculo e respeito mútuo. O fortalecimento de políticas de inovação sustentável deve caminhar lado a lado com o reconhecimento da saúde como bem público essencial e direito de cidadania, reafirmando os princípios universais que fundamentam o Sistema Único de Saúde (SUS). Em síntese, a consolidação de sistemas de cuidado equitativos, participativos e sustentáveis requer uma nova gramática política — uma forma de governança capaz de integrar saberes, territórios e tempos históricos em torno de um projeto comum de humanidade.

A transição justa não se resume à adaptação técnica às crises ambientais, mas expressa uma mudança paradigmática, que transforma as relações entre Estado, sociedade e natureza. Ao propor a convergência entre justiça, tecnologia e saúde, este estudo reforça a ideia de que não há futuro sustentável sem equidade, nem inovação legítima sem compromisso com a vida. Assim, o caminho da transição justa em saúde é, antes de tudo, um chamado à construção coletiva de um mundo mais solidário, saudável e plenamente humano.

REFERÊNCIAS

ABRUNHOSA E SOUSA, Duarte; NOSSA, Rita Marques. O papel do teletrabalho na transição justa. **Revista Trabalho, Direito e Justiça**, Curitiba, v. 2, p. 1-15, e061, 2024. Disponível em: <https://revista.trt9.jus.br/revista/article/view/61/53>. Acesso em: 18 mar. 2026.

ALIAGA, Márcia Kamei López; PADILHA, Norma Sueli; LEIVAS, Luciano Lima. Sustentabilidade na atividade de mineração? Redefinindo o papel dos royalties para a construção de políticas de transição justa de trabalho e desenvolvimento social. **Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos**, Florianópolis, v. 45, n. 98, p. 1-33, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/105118/59192>. Acesso em: 17 mar. 2026.

BARBOSA, Pedro Ribeiro; GADELHA, Carlos Augusto Grabois. O papel dos hospitais na dinâmica de inovação em saúde. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 46, p. 68-75, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/hWHGJbPKBGQq4dL6wt7J8tF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 mar. 2026.

BORDE, Elis; HERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, Mario; PORTO, Marcelo Firpo de Souza. Uma análise crítica da abordagem dos Determinantes Sociais da Saúde a partir da medicina social e saúde coletiva latino-americana. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 106, p. 841-854, jul./set. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/Kdf3kjjB73Ym6n7QFJgxWQD/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 mar. 2026.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 13 mar. 2026.

BROSE, Markus Erwin. O desafio da transição justa: do carvão mineral à bioeconomia nas regiões europeias. **Revista Mestrado em Desenvolvimento Regional e de Sistemas Produtivos**, Ponta Porã, v. 4, n. 7, p. 102-118, mar. 2020.

CARVALHO, Marinilza Bruno de; VIEIRA, Mariane Wandenkolk. A inovação tecnológica em educação e saúde: um caminho promissor. **GoldBook: Inovação Tecnológica em Educação e Saúde**, Rio de Janeiro, p. 721-732, 2015. Disponível em: <https://www.telessaude.uerj.br/resource/goldbook/pdf/41.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2026.

COSTA, Laís Silveira. Inovação nos serviços de saúde: apontamentos sobre os limites do conhecimento. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 32, supl. 2, e00151915, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/tXWzMRznGc6ntL44jTcmnWx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2026.

DÍAZ ORUETA, Fernando. Crisis ecosocial, territorio e iniciativas de acción colectiva en España: estrategias para una transición justa (2011-2022). **Cuaderno Urbano**, [s. l.], n. 35, p. 169-190, ago. 2023. Disponível em: <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/crn/article/view/6781/6289>. Acesso em: 18 mar. 2026.

FARIA, Christiane Bisaia Garbelini Alves de *et al.* O uso das práticas integrativas e complementares pela enfermagem como inovação sustentável em saúde. **Revista Delos**, Curitiba, v. 18, n. 67, p. 1-19, 2025. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/5262/2920>. Acesso em: 18 mar. 2026.

FLEURY, Sonia; OUVÉNEY, Assis Mafort. Política de saúde: uma política social. In: GIOVANELLA, Lígia *et al.* (org.). **Políticas e sistema de saúde no Brasil**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2007. p. 23-56.

FREITAS, Carlos Machado de. Problemas ambientais, saúde coletiva e ciências sociais. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 137-150, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/MnktxFwcHGF6XLycPjsyQks/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2026.

GADELHA, Carlos Augusto Grabois; BRAGA, Patrícia Seixas da Costa. Saúde e inovação: dinâmica econômica e Estado de Bem-Estar Social no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 32, supl. 2, e00150115, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/63L4VL6b4mkVZVJdw6SPXVn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2026.

GADELHA, Carlos Augusto Grabois; TEMPORÃO, José Gomes. Desenvolvimento, inovação e saúde: a perspectiva teórica e política do Complexo Econômico Industrial da Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 6, p. 1891-1902, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/vBqrtjpbqDjh9ZBTycxyrj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2026.

GRAINGER, Paul; SPOURS, Ken. The mediating role of further and higher education in a Just Transition social ecosystem. **Journal of Vocational Education & Training**, London, v. 76, n. 2, p. 307-330, 2024. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13636820.2023.2258521>. Acesso em: 18 mar. 2026.

GUIMARÃES, Reinaldo. Bases para uma política nacional de ciência, tecnologia e inovação em saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 375-387, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/rkCrbbgFMcfZXHSxBYrZTWL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2026.

GUIMARÃES, Reinaldo *et al.* Política de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 881-886, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/b6nvzPsXmYqNjTbZ7kmz4Jq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2026.

HERNAIZ, Helisa Sierra. El proceso de transición justa: Los empleos verdes como instrumentos para su implementación. **Foro**, [s. l.], n. 40, p. 69-82, 2023. Disponível em: <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/foro/article/view/4160/4030>. Acesso em: 17 mar. 2026.

IYENGAR, Radhika *et al.* Ecopedagogy as a Lever for Climate Justice Towards a Just Transition. **Current Issues in Comparative Education**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 197-215, 2025. Disponível em: <https://journals.library.columbia.edu/index.php/cice/article/view/13342/7710>. Acesso em: 17 mar. 2026.

LANZA, Fernanda Moura; VIEGAS, Selma Maria da Fonseca. Segurança do profissional de saúde: por um sistema de saúde humanizado, resiliente e sustentável. **Revista de Enfermagem Referência**, Coimbra, v. 6, n. 4,

e25ED1, 2025. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/referencia/article/view/41634/28926>. Acesso em: 17 mar. 2026.

MATA, Antônio Lucas dos Santos da; MONT'ALVERNE, Tarin Cristino Frota. Transição justa e desenvolvimento sustentável na União Europeia: o plano de investimento do Pacto Ecológico e o ODS 7. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 15, n. 3, e264, set./dez. 2024. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/direitoeconomico/article/view/30052/26976>. Acesso em: 17 mar. 2026.

McGRATH, Simon; DENEULIN, Séverine. Education for Just Transitions: Lifelong learning and the 30th Anniversary Human Development Report. **International Review of Education**, [s. l.], v. 67, p. 637-658, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11159-021-09914-w>. Acesso em: 18 mar. 2026.

OLIVEIRA, Denize Cristina de. Construção e transformação das representações sociais da aids e implicações para os cuidados de saúde. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, Ribeirão Preto, v. 21, n. esp., p. 1-10, jan./fev. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rlae/a/DyJYFKdTZDgJTkbxhFgbkPv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2026.

PÉREZ, María Eugenia Cubero. La participación ciudadana de los movimientos socioambientales en América Latina. **Revista Colombiana de Sociología**, Bogotá, v. 42, n. 1, p. 135-156, 2019. Disponível em: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/recs/article/view/73023/pdf>. Acesso em: 18 mar. 2026.

RATTNER, Henrique. Meio ambiente, saúde e desenvolvimento sustentável. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 6, p. 1965-1971, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/CJWJqXs4PhrMBK9MKHFN3cj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2026.

RODRIGUES, Clarita Terra; SPAGNUOLO, Regina Stella. Organizações Sociais de Saúde: potencialidades e limites na gestão pública. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, Goiânia, v. 16, n. 3, p. 549-557, jul./set. 2014. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/fen/article/view/22319/17530>. Acesso em: 18 mar. 2026.



SILVA, Mariana Vieira da. Políticas públicas de saúde: tendências recentes. **Sociologia, Problemas e Práticas**, Lisboa, n. 69, p. 121-128, maio 2012. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/sociologiapp/article/view/790/975>. Acesso em: 18 mar. 2026.

SORATTO, Jacks *et al.* Estratégia saúde da família: uma inovação tecnológica em saúde. **Texto & Contexto Enfermagem**, Florianópolis, v. 24, n. 2, p. 584-592, abr./jun. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tce/a/cbRvR568RNnwjVkJWKRdtDfy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2026.

STEVIS, Dimitris. A globalização da Transição Justa no mundo do trabalho: políticas de escala e de escopo. **Tempo Social: Revista de Sociologia da USP**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 57-77, maio/ago. 2021. Disponível em: https://revistas.usp.br/ts/pt_BR/article/view/182883. Acesso em: 18 mar. 2026.

TASQUETTO, Lucas da Silva. **Dimensionando a transição justa:** internacionalização do conceito e sua incorporação ao financiamento da transição. Eixo 4: Comércio, Investimento, Negócios. [S. l.]: Instituto Brasil-União Europeia; European Union, 2024. Disponível em: <https://europa.fecap.br/wp-content/uploads/2024/07/Report-4-eixo-4-junho-de-2024-v2.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2026.

VIANA, Ana Luiza D'Ávila; ELIAS, Paulo Eduardo M. Saúde e desenvolvimento. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 1765-1777, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/G8ZYFSNm9z8SQ8bDzY8F5ZF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2026.

VIANA, Ana Luiza d'Ávila *et al.* Saúde, desenvolvimento e inovação tecnológica: nova perspectiva de abordagem e de investigação. **Lua Nova: Revista de Cultura e Política**, São Paulo, n. 83, p. 41-77, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ln/a/pXbPYsxHJtx9RqD7ZskYp7b/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2026.



TRANSIÇÃO JUSTA NA MOBILIDADE URBANA: UM VETOR DE TRANSFORMAÇÃO SOCIAL E DESENVOLVIMENTO NO BRASIL

Paula Zambelli Salgado Brasil⁵⁷

Andrea Cristina de Jesus Oliveira⁵⁸

Resumo: Este artigo analisa a aplicação do conceito de Transição Justa ao setor de mobilidade urbana, com foco na inovação tecnológica como vetor de transformação social. O objetivo central é demonstrar de que forma a eletrificação de frotas de transporte público pode contribuir não apenas para a descarbonização, mas também para a redução de desigualdades no Brasil. A justificativa decorre da relevância estratégica do setor de transportes para a mitigação das emissões de gases do efeito estufa e para a promoção de direitos sociais, dado seu papel estruturador na vida urbana. A metodologia utilizada consiste em revisão bibliográfica interdisciplinar, análise de documentos institucionais e estudo de casos recentes em cidades brasileiras e latino-americanas, permitindo identificar os desafios comuns e as boas práticas, na implementação da mobilidade elétrica em contextos desiguais. A análise articula os princípios da Transição Justa – como equidade social, perspectiva de gênero, participação comunitária, requalificação profissional e inclusão econômica – às transformações tecnológicas em curso no setor. Os resultados

57 Doutora em Direito Político e Econômico (Mackenzie), mestre em Direito Público (UNISINOS). Especialista em Direito Digital e Proteção de Dados (IDP/BSB) e Gestão Pública (UNIFESP/SP). Bacharel em Direito (UFU/MG) e Psicologia (UNICSUL/SP). Cofundadora da La Red Laref (Rede Acadêmica Latino-Americana sobre Direito e Integração de Pessoas Refugiadas); e cofundadora da FADDH (Frente Ampla Democrática pelos Direitos Humanos). Professora do mestrado profissional em Gestão e Políticas Públicas do IDP/SP e da graduação em Direito da ESEG – Faculdade do Grupo Etapa. Advogada (OAB SP 406.167) e psicóloga (CRP 06.224507).

58 Possui pós-doutorado em Administração Pública e Governo (FGV EAESP – Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, 2012-2016); doutorado em Ciências Sociais (UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, 1999-2004); mestrado em Sociologia (UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 1996-1998); e bacharelado em Ciências Sociais (UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos, 1992-1995). É coordenadora do MBA em Relações Governamentais e da Formação Executiva *Advocacy* e Política Públicas (FGV/IDE). É coautora do livro *Lobby e políticas públicas* (2018) e do *Guia para a construção de estratégias de advocacy: como influenciar políticas públicas* (2019).



evidenciam que algumas experiências e boas práticas apontam para a viabilidade de modelos de governança que conciliam inovação tecnológica com inclusão produtiva e equidade. Conclui-se que a Transição Justa na mobilidade urbana exige, além da adoção de tecnologias limpas, um novo paradigma de financiamento, o fortalecimento da governança democrática e a incorporação ativa das demandas de trabalhadores e comunidades vulneráveis. Trata-se, portanto, de uma oportunidade histórica para reconfigurar o transporte público como um direito fundamental e um bem comum.

INTRODUÇÃO

Um dos desafios mais prementes e complexos do século XXI é a promoção de transição para uma economia de baixo carbono, pois demanda transformações estruturais em múltiplos setores. Entre eles, o setor de transportes assume especial relevância, pois é responsável por quase um quarto das emissões globais de dióxido de carbono (CO₂) e funciona como elemento estruturador das cidades e das interações socioeconômicas⁵⁹.

No cerne desse debate, a modernização dos sistemas de mobilidade urbana, especialmente por meio da eletrificação de frotas, emerge como uma estratégia fundamental. Contudo, a mera substituição de tecnologias – como a troca de veículos a diesel por elétricos – não garante, por si só, a construção de um futuro mais sustentável ou equitativo. Pelo contrário: se não for cuidadosamente planejada, essa mudança pode aprofundar desigualdades preexistentes, configurando o que se denomina “modernização conservadora”: um processo que, sob o verniz de (aparente) inovação, perpetua e reproduz um modelo de desenvolvimento excludente, no qual os recursos públicos favorecem soluções de transporte individual, inacessíveis à maior parte da população.

É nesse contexto que o conceito de Transição Justa cresce em importância. Originado nos movimentos sindicais estadunidenses da década de 1970 como uma resposta aos impactos do fechamento de indústrias poluentes sobre os trabalhadores, o conceito evoluiu consideravelmente^{60,61}. Inicialmente focado na proteção ao emprego, hoje abrange uma agenda muito mais ampla, que integra a erradicação da pobreza, a redução da desigualdade, a criação de empregos dignos e sustentáveis e a inclusão social como pilares indissociáveis

59 BRAKARZ, Bárbara *et al.* **Mobilidade urbana e agenda ASG**: um caminho para o desenvolvimento econômico e sustentável. Brasília, DF: BID, 2023.

60 STARK, Anthony; GALE, Fred; MURPHY-GREGORY, Hannah. Just transitions’ meanings: a systematic review. **Society & Natural Resources**, [s. l.], v. 36, n. 10, p. 1277-1297, 2023.

61 HENRY, Matthew S.; BAZILIAN, Morgan D.; MARKUSON, Chris. Just transitions: histories and futures in a post-COVID world. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 68, p. 101668, 2020.

da ação climática. A Transição Justa, portanto, propõe alinhar a descarbonização à promoção das justiça social, ambiental, energética e climática, assegurando que ninguém seja “deixado para trás”⁶². No âmbito da mobilidade urbana, a aplicação desse princípio se traduz em um processo de substituição de fontes de energia poluentes que considera o papel estruturador do transporte público coletivo, visando torná-lo não apenas ambientalmente apropriado, mas também socialmente mais justo. Isso implica uma mudança de paradigma, deslocando o foco do “movimento de veículos” para a “acessibilidade das pessoas”, reconhecendo o transporte como um meio para acessar direitos e oportunidades essenciais como trabalho, educação e saúde.

Uma Transição Justa no transporte público, portanto, deve priorizar o modo coletivo sobre o individual, assegurar que os custos da modernização tecnológica não recaiam sobre os usuários e promover ativamente a inclusão de grupos historicamente vulnerabilizados⁶³. E esta é a intenção deste artigo: propor esse debate, por meio de uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório e analítico, voltada à compreensão das inter-relações entre inovação tecnológica e justiça social no campo da mobilidade urbana. Para tanto, a pesquisa foi estruturada em três etapas complementares. Na primeira etapa, realizou-se uma breve revisão bibliográfica interdisciplinar, contemplando as literaturas nacional e internacional sobre Transição Justa, mobilidade urbana e inovação tecnológica. Foram mobilizados referenciais teóricos das áreas de políticas públicas, economia política, estudos urbanos e sociologia, além de documentos normativos e relatórios técnicos de organismos internacionais, como a Organização Internacional do Trabalho (OIT), o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) e redes especializadas em mobilidade sustentável, como o C40 Cities.

Na segunda etapa, procedeu-se a uma análise documental de normas, planos setoriais e relatórios técnicos produzidos por governos e instituições de pesquisa no Brasil e na América Latina. Esse material possibilitou identificar os principais desafios institucionais e financeiros para a implementação da mobilidade elétrica em contextos urbanos marcados por desigualdades estruturais consideráveis.

Na terceira etapa, desenvolveu-se um estudo de casos, com foco em experiências interessantes, tanto de cidades brasileiras (São José dos Campos, Campinas, Curitiba, Salvador e Vargem Grande Paulista) quanto internacionais (Bogotá, Colômbia; Santiago, Chile; e Hermosillo, México). A seleção dos casos se deu por critérios de relevância para a temática – inovação em governança,

62 HEFFRON, Raphael J.; McCAULEY, Darren. What is the 'just transition'? *Geoforum*, [s. l.], v. 88, p. 74-77, 2018.

63 BRAKARZ, Bárbara *et al.* **Mobilidade urbana e agenda ASG**: um caminho para o desenvolvimento econômico e sustentável. Brasília, DF: BID, 2023.



financiamento, participação social, inclusão de gênero e adoção de tecnologias limpas. A triangulação realizada, entre literatura, documentos oficiais e experiências empíricas, permitiu construir uma análise crítica sobre as condições necessárias para que a inovação tecnológica na mobilidade urbana se converta em vetor de transformação social sob a perspectiva da Transição Justa.

Este capítulo tem como objetivo, portanto, realizar uma análise sobre as formas pelas quais a inovação tecnológica está sendo implementada na mobilidade urbana e como pode servir como um vetor para a transformação social, sob a ótica da Transição Justa. A análise se debruça sobre as complexidades do contexto brasileiro, marcado por questões estruturais no transporte público e profundas desigualdades socioespaciais. Para tanto, o texto está estruturado em três seções de desenvolvimento. Primeiramente, são aprofundados os conceitos fundamentais da Transição Justa e sua aplicação multifacetada no setor de transportes. Em seguida, discutem-se os desafios para sua implementação, com foco na crise do modelo de financiamento e na necessidade de novos arranjos institucionais. Por fim, exploram-se os caminhos para uma transformação social efetiva, destacando a importância da participação social, da perspectiva de gênero e da requalificação profissional, com base em experiências concretas e boas práticas em cidades brasileiras e latino-americanas.

1 OS IMPERATIVOS DA JUSTIÇA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DE MOBILIDADE: CONSIDERAÇÕES SOBRE OS EIXOS PRINCIPAIS DA TRANSIÇÃO JUSTA

A Transição Justa é um processo estrutural, deliberado e participativo de transformação dos sistemas produtivos, energéticos e de mobilidade de uma economia extrativista e intensiva em carbono para um modelo regenerativo, sustentável e de baixo carbono⁶⁴. Esse processo, no entanto, transcende a mera substituição tecnológica, incorporando como pilar central a promoção das justiça social, econômica e ambiental para garantir que os custos e benefícios dessa mudança sejam distribuídos de forma equitativa e que ninguém seja “deixado para trás”⁶⁵. Para ser considerada “justa”, a transição deve ser um processo que produz planos, políticas e investimentos com objetivos indissociáveis⁶⁶. Primeiramente, a descarbonização deve ser entendida como uma

64 C40 CITIES. **Barriers to action: Gaps in financing for a just transition, social protection, and loss and damage in cities (Summary)**. [s. l.]: C40 Cities, 2024.

65 INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). **Guidelines for a just transition towards environmentally sustainable economies and societies for all**. Genebra: ILO, 2015.

66 C40 CITIES, *op. cit.*

oportunidade para corrigir padrões de desenvolvimento excludentes⁶⁷, de forma a buscar ativamente reparar injustiças históricas e combater desigualdades estruturais, como as de gênero, raça, classe e território. Adicionalmente, é imperativo garantir proteção social, trabalho decente e inclusão econômica, assegurando a requalificação e o amparo a trabalhadores cujos empregos são afetados pela mudança⁶⁸, ao mesmo tempo em que se criam oportunidades de empregos “verdes”, dignos e sustentáveis⁶⁹, com especial atenção à inclusão de grupos vulneráveis.

Um terceiro pilar fundamental consiste em promover o acesso equitativo aos serviços e às infraestruturas resultantes da transição – como mobilidade urbana de qualidade e energia limpa –, priorizando as necessidades de comunidades da linha de frente, periféricas e historicamente marginalizadas⁷⁰.

De igual importância, a Transição Justa deve fortalecer a democracia e a governança participativa, assegurando que o processo de planejamento, implementação e monitoramento seja conduzido de forma transparente e com o engajamento ativo das comunidades afetadas, dos trabalhadores, dos sindicatos e da sociedade civil, garantindo que suas vozes e necessidades estejam no centro da tomada de decisão⁷¹. Finalmente, o processo deve assegurar a sustentabilidade ambiental em todo o ciclo de vida, indo além da redução de emissões de gases do efeito estufa para abranger a melhoria da qualidade do ar, a gestão responsável de recursos naturais, o uso otimizado do solo e a promoção da economia circular⁷². Em essência, a Transição Justa não é um evento, mas um processo, político e ético, contínuo que visa conciliar a urgência climática com os imperativos de erradicação da pobreza e redução das desigualdades^{73,74}. Ela exige uma mudança de paradigma que desloca o foco da eficiência econômica para o de bem-estar coletivo, reconhecendo que uma transformação sustentável só existe se socialmente inclusiva e democraticamente construída.

A Transição Energética Justa pode, assim, ser definida como o processo de migração de combustíveis fósseis para fontes de energia limpas e reno-

67 BOARETO, Renato. **Perspectivas para uma transição energética justa no transporte público coletivo no Brasil**. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2022.

68 TORO CHACÓN, Felipe Andrés *et al.* **Transição Energética Justa para Indústrias no Brasil**: tecnologia e critérios sustentáveis para a indústria siderúrgica. Brasília, DF: Projeto H2Brasil; Ministério de Minas e Energia, 2024.

69 TRANSFORMATIVE URBAN MOBILITY INITIATIVE (TUMI). **Briefing: A Just Transition in the Transport Sector**. [s. l.]: TUMI, 2022.

70 C40 CITIES. **Barriers to action**: Gaps in financing for a just transition, social protection, and loss and damage in cities (Summary). [s. l.]: C40 Cities, 2024.

71 TORO CHACÓN, *op. cit.*

72 BRAKARZ, Bárbara *et al.* **Mobilidade urbana e agenda ASG**: um caminho para o desenvolvimento econômico e sustentável. Brasília, DF: BID, 2023.

73 BOARETO, *op. cit.*

74 PÉREZ, Gabriel. **Políticas de movilidad y consideraciones de género en América Latina**. Santiago: CEPAL, 2019. (Série Comercio Internacional, n. 152).

váveis, assegurando que os custos e benefícios sejam distribuídos de forma equitativa, e sigam promovendo inclusão social, empregos sustentáveis e a proteção de trabalhadores e comunidades vulneráveis. Esse conceito, consolidado em organizações como a Organização Internacional do Trabalho (OIT) e o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), transcende a dimensão puramente tecnológica para abraçar imperativos das justiças social, econômica e ambiental. Ao ser aplicado ao setor de transportes, esse arcabouço conceitual exige uma abordagem que vá além da simples substituição de matrizes energéticas, questionando quem se beneficia das mudanças e quem arca com seus custos.

A aplicação da perspectiva de Transição Justa à mobilidade elétrica se desdobra em um conjunto de elementos-chave que devem orientar a formulação de políticas públicas. O primeiro deles é o acesso equitativo, que se contrapõe à tendência de priorizar a descarbonização do transporte individual (o que beneficia majoritariamente os grupos de pessoas com maior renda). Uma abordagem “justa” implica expandir e qualificar o transporte público elétrico, especialmente para áreas periféricas e comunidades vulneráveis, onde a carência de mobilidade é mais acentuada e funciona como um fator restritivo de acesso a outros direitos fundamentais.

A consulta ativa a essas comunidades é, portanto, um pré-requisito para garantir que as novas soluções atendam às suas necessidades reais: os procedimentos de tomada de decisão somente podem ser considerados justos quando são transparentes, auditáveis e participativos e incluem uma diversidade de vozes, necessidades, valores e perspectivas^{75,76}.

Dois outros elementos cruciais são as inclusões econômica e social. A transição para a eletromobilidade redesenha a cadeia produtiva, extinguindo certas funções e criando demandas por competências. Uma transição que se pretenda justa deve, necessariamente, antecipar esses impactos e implementar políticas de requalificação profissional para os trabalhadores da cadeia automotiva tradicional, como mecânicos, montadores e motoristas. A criação de programas de formação técnica e a articulação com instituições como o “Sistema S” (SENAT/SEST/SENAI)⁷⁷ são estratégias fundamentais para asse-

75 ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL PARA AS MIGRAÇÕES (OIM). **Incluindo a mobilidade humana na adaptação à mudança do clima com uma abordagem transversal de justiça climática**. Brasília, DF: Agência da ONU para Migrações, 2024.

76 JUHOLA, Sirkku *et al.* Connecting climate justice and adaptation planning: an adaptation justice index. **Environmental Science & Policy**, [s. l.], v. 136, p. 609-619, out. 2022.

77 São instituições brasileiras que fazem parte do Sistema S: Serviço Nacional de Aprendizagem do Comércio (SENAC); Serviço Social de Transporte (SEST), Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte (SENAT); Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI); Serviço Social da Indústria (SESI); os serviços sociais autônomos são um conjunto de organizações das entidades representantes da indústria, da agricultura, do comércio e do transporte voltadas para a educação, assistência social, consultoria, pesquisa e assistência técnica (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI). **Entenda o que são e o que fazem o SESI e o SENAI**. [s. l.]: SENAI, 2021).

gurar que os empregos gerados, na nova economia de baixo carbono, sejam acessíveis à força de trabalho local, além de dignos e sustentáveis. Ainda, é preciso observar que perspectiva de gênero constitui um terceiro pilar indispensável, partindo do reconhecimento de que os sistemas de transporte não são neutros, mas reflexos de estruturas sociais que engendram e perpetuam desigualdades. Isso acontece por diversas razões: os padrões de deslocamento de mulheres e homens são distintos, influenciados pela divisão sexual do trabalho e pela injusta organização social do cuidado, em sociedades patriarcais. As mulheres que, majoritariamente, assumem as responsabilidades não remuneradas, por exemplo, realizando mais “viagens de cuidado” – trajetos múltiplos, curtos e fora dos horários de pico, frequentemente acompanhadas de crianças ou idosos^{78,79}. Essa realidade exige a coleta de dados desagregados por sexo para um planejamento informado, o desenvolvimento de serviços inclusivos – por exemplo, os pedidos de parada sob demanda à noite e o oferecimento de veículos com espaço para permanecer com carrinhos de bebê – e o combate sistemático à violência de gênero, que restringe a liberdade de movimento das mulheres. Tratar a equidade de gênero como parte central da Transição Justa é um imperativo ético, democrático e estratégico. Ela transforma a forma como entendemos os impactos, os sujeitos e as alternativas possíveis. Não se trata de “incluir mulheres” em um modelo já estabelecido, mas de reimaginar esse modelo a partir de princípios feministas, comunitários e interdependentes⁸⁰. Além disso, uma transição justa deve(ria), inclusive, empoderar as mulheres no setor, incentivando sua participação em cargos técnicos e de liderança, historicamente masculinizados. Nesse sentido, é importante replicar os projetos urbanos e energéticos que coloquem mulheres periféricas no centro das soluções, não como beneficiárias passivas, mas como agentes de formulação e cuidado do território⁸¹. Isso mostra que a Transição Justa só é possível com participação ativa, qualificada e situada; e, de outra banda, a ausência feminina nas estruturas de governança energética e tecnológica é um tipo de “desastre institucionalizado” – uma forma lenta de exclusão, que mina a legitimidade das transições propostas.

A melhoria da saúde e do meio ambiente, um quarto elemento, deve ser compreendida de forma ampla, abrangendo toda a cadeia de valor. Não basta reduzir as emissões de escapamento; é preciso garantir que a extração de minerais para baterias respeite os direitos humanos e ambientais, e que o

78 FRASER, Nancy. Para uma crítica das crises do capitalismo: entrevista com Nancy Fraser. **Perspectivas**, São Paulo, v. 49, p. 161-185, jan./jun. 2017.

79 *Id.* Contradições entre capital e cuidado. **Princípios**: Revista de Filosofia, Natal, v. 27, n. 53, p. 261-288, maio/ago. 2020.

80 *Id.* Contradições entre capital e cuidado. **Princípios**: Revista de Filosofia, Natal, v. 27, n. 53, p. 261-288, maio/ago. 2020.

81 MOIRA, Amora *et al.* **Recortes de uma cidade por vir**. São Paulo: Instituto Pólis, 2020.



ciclo de vida dos veículos promova o reuso e a reciclagem de componentes, envolvendo, por exemplo, cooperativas de catadores. Da mesma forma, o uso otimizado do solo, como quinto elemento, implica combater desigualdades regionais, direcionando investimentos para além dos grandes centros urbanos e considerando as necessidades de comunidades frequentemente invisibilizadas. Em suma, a Transição Justa na mobilidade requer uma visão holística que transforme a modernização tecnológica em uma oportunidade para corrigir injustiças históricas e construir cidades mais resilientes e equitativas para todos.

2 MOBILIDADE URBANA E TRANSIÇÃO JUSTA: APRESENTANDO BOAS PRÁTICAS

No Brasil, um país de tamanho continental e composto por uma estrutura federativa, a responsabilidade pelo planejamento, pela implementação de projetos e pela gestão da operação do transporte público coletivo tem atribuições distribuídas para as três esferas de governo (federal, estadual e municipal).

Ao Governo Federal cabe principalmente o estabelecimento das diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU). Aos governos estaduais, o planejamento e a operação das redes metropolitanas de transporte coletivo, interligando municípios, bem como a implantação de infraestrutura. E, por fim, a prestação de serviços de transporte público é uma atribuição principalmente municipal, conforme o que dispõe a Constituição Federal de 1988 em seu artigo 30⁸², item V, sobre os serviços de transporte público, bem como o Código de Trânsito Brasileiro de 1997⁸³ e o artigo 18 da Lei n. 12.587/2012⁸⁴, que instituiu a PNMU.

Abaixo, estão listadas algumas das mais recentes ações, em curso nos maiores centros urbanos e nas regiões metropolitanas, que podem convergir com a Transição Energética Justa no transporte público, à medida que implementam infraestrutura de corredores e faixas exclusivas e incluem veículos que usam tecnologias alternativas ao combustível de óleo diesel, bem como enfocam questões de gênero⁸⁵:

82 BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

83 *Id.* **Lei n. 9.503, de 23 de setembro de 1997**. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, DF: Presidência da República, 1997.

84 *Id.* **Lei n. 12.587, de 3 de janeiro de 2012**. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2012.

85 Optou-se por realizar a apresentação dos projetos em ordem alfabética.

2.1 ABC Paulista: implantação do BRT do ABC com frota elétrica

O BRT do ABC é um corredor de ônibus sob responsabilidade do governo do estado de São Paulo que será implementado com obras custeadas por um concessionário privado, sem previsão de subvenção do governo. A implantação desse corredor exclusivo faz parte de uma intervenção maior, que inclui a modernização do Corredor ABD (São Mateus/Jabaquara e Diadema/Brooklin) de ônibus e trólebus; e a reorganização das 97 linhas que integravam a extinta Área 5 da EMTU (correspondente ao ABC Paulista), com a modernização de frota e adequações em itinerários e horários.

Essas medidas foram institucionalizadas por meio de decretos do governo do estado que renovou a concessão da Metra, empresa responsável pelo Corredor ABD. Em contrapartida à renovação do contrato e ampliação do prazo de concessão, foram exigidas reformulações de linhas e a implementação do corredor ABC. O financiamento da obra está sob responsabilidade da concessionária⁸⁶.

2.2 Campinas/SP: Eletrificação da frota e implantação de rede de BRTS

A cidade de Campinas tem dois grandes projetos em andamento, sendo a implantação de uma rede de BRTs e a licitação para a concessão dos serviços de transporte público coletivo. A rede de BRTs contempla ao todo 36,6 km de corredores, ligando a região central aos distritos de Ouro Verde e de Campo Grande. A implantação está sendo realizada pela prefeitura municipal e cerca de 34 km de faixas exclusivas já foram liberadas para circulação e uso pelo sistema convencional de transporte. A rede de BRTs, quando estiver finalizada, terá uma demanda diária de 233 mil passageiros e beneficiará uma população estimada em 410 mil pessoas. A licitação para a seleção de operadores do transporte público coletivo teve o edital publicado em agosto de 2019 e, desde então, tem passado por sucessivas interrupções.

86 O BRT do ABC tem como empresa concessionária a Metra, que fará investimentos previstos da monta de R\$ 859 milhões, ou de cerca de US\$ 156 milhões, para executar as obras, e vai operar o corredor por 25 anos, podendo renovar a concessão. Ele terá 17,3 km de extensão, interligando a cidade de São Paulo às cidades de Santo André, São Bernardo, São Caetano, Diadema e Mauá, conectando à CPTM, ao Metrô, ao Expresso Tiradentes, a linhas da SPTrans e ao Corredor ABD. A conclusão total das obras está prevista para 2026 e o BRT tem uma demanda estimada em 173 mil passageiros por dia. O projeto é composto por 20 estações e três novos terminais, incluindo paradas nos terminais Tamanduateí e Sacomã, na cidade de São Paulo. A frota operacional é de 92 ônibus articulados elétricos de 21,5 m, com recarga de oportunidade na rede aérea, o e-Trol. As viagens de e-Trol serão realizadas por 12 ônibus no Expresso (40 minutos – do Terminal São Bernardo ao Sacomã); 34 no Semi expresso (43 minutos – só parando em cinco paradas; e nos terminais São Bernardo do Campo, Tamanduateí e Sacomã); e 30 no Parador (52 minutos – todas as 16 paradas).

No modelo inicialmente proposto, a cidade foi dividida em seis áreas operacionais, com previsão de circulação de veículos de transporte coletivo somente movidos por energia elétrica na região central. Para isso, a cidade desenvolveu um “modelo de mobilidade elétrica no sistema de transporte público de Campinas”, em parceria com a CPFL Energia e a fabricante de ônibus à bateria BYD. Após várias suspensões e revisões, uma nova fase da licitação foi iniciada em 2022. As novas diretrizes anunciadas incluem a separação da operação de transporte da operação financeira, o investimento público contínuo em infraestrutura (como a conclusão do BRT) e subsídio para o custeio dos serviços. A frota de 128 ônibus para a operação dos BRTs será elétrica, movida à bateria.

2.3 Curitiba/RS: infraestrutura e eletrificação da frota

O sistema de transporte público de Curitiba é formado por uma rede de faixas exclusivas de ônibus e seis eixos de BRTs, que somam 83 km de vias dedicadas ao transporte público. A cidade é reconhecida internacionalmente como exemplo de desenvolvimento orientado pelo transporte público (TOD). O IPPUC, instituto responsável pelo planejamento urbano, estuda a ampliação da capacidade de transporte dos corredores Inter 2 e BRT Leste-Oeste, considerando a adoção de 134 ônibus elétricos a bateria. Alguns dos desafios para essa implementação incluem a indisponibilidade no mercado de ônibus articulados elétricos, necessários para aumentar a capacidade de atendimento, e a variação cambial, que afeta os preços dos veículos.

Em novembro de 2021, o Senado aprovou um financiamento internacional de US\$ 75 milhões para o projeto, que contempla a implantação de ultrapassagem no corredor, reforma de terminais e a operação com ônibus elétricos. Essas medidas estão alinhadas com o Plano de Adaptação às Mudanças Climáticas da cidade.

2.4 Goiânia/GO: subsídio à operação e eletrificação de ônibus

O Governo do Estado de Goiás e a prefeitura de Goiânia têm discutido o futuro do Eixo Anhanguera, um corredor de BRT de 13,5 km implantado

em 1976. Recentemente, a Lei Estadual Complementar n. 169/2021⁸⁷ alterou o sistema, separando a tarifa de uso da tarifa de remuneração das empresas, com a diferença coberta por subsídios do estado e das cidades do consórcio. Em abril de 2022, foi lançado o Bilhete Único, que permite até quatro integrações em 2 h 30 min pagando uma única tarifa.

O Corredor Anhanguera deve passar por um processo de reforma que inclui a substituição da frota a diesel por veículos movidos a bateria. O arranjo financeiro está sendo viabilizado por meio de um Procedimento de Manifestação de Interesse (PMI) e, em 2022, o governo do estado apresentou um modelo de ônibus articulado elétrico para testes. Em abril do mesmo ano, foi publicado um edital para a locação de 114 ônibus elétricos. Mas o processo foi suspenso após questionamentos do Ministério Público.

2.5 Salvador/BA: implantação de BRT

O BRT de Salvador está em implantação, com 11,7 km de extensão total, dividido em três fases, com previsão de conclusão até o final de 2023. O projeto, no entanto, tem sido questionado por movimentos ambientalistas devido à supressão de árvores e outros impactos urbanos e ambientais. Salvador está estudando a adoção de ônibus elétricos e realizou testes em linhas convencionais em 2021.

Essa iniciativa está alinhada ao Plano de Ação Climática da cidade, que prevê 100% da frota descarbonizada até 2049. A proposta da prefeitura é que esses ônibus sejam utilizados na operação do BRT, com uma proporção de 33% da frota sendo elétrica e mantendo essa porcentagem na expansão dos serviços. Uma das barreiras apontadas para a eletrificação é que os atuais contratos de concessão, de 2015, não preveem veículos elétricos, sendo necessários ajustes contratuais. Além do BRT, a cidade de Salvador conta com outras iniciativas notáveis. Para aumentar a segurança de mulheres e crianças, a Secretaria de Políticas para Mulheres, Infância e Juventude (SPMJ) oferece formação gratuita para motoristas por meio do programa Mulheres no Volante. Essa ação busca ampliar a representatividade feminina em profissões tradicionalmente masculinas no setor de transportes.

Outro exemplo é o edital do BRT de Salvador, que já prevê mecanismos de desempenho socioambiental, indicando um avanço na integração de critérios de sustentabilidade e justiça social em novos projetos de mobilidade.

87 GOIÁS. **Lei Complementar n. 169, de 29 de dezembro de 2021.** Reformula e disciplina a Rede Metropolitana de Transporte Coletivo da Grande Goiânia, também reestrutura a Câmara Deliberativa de Transportes Coletivos e a Companhia Metropolitana de Transportes Coletivos. Goiânia: Governo do Estado, 2021.



2.6 São José dos Campos/SP: Frota pública elétrica, implantação de infraestrutura, gestão pública e transporte sob demanda

A cidade tem se destacado na gestão do transporte coletivo ao implantar a Linha Verde, um corredor de BRT que opera com ônibus elétricos adquiridos pela prefeitura (frota pública); e ao propor um novo modelo de licitação para a contratação de empresas operadoras.

Em 2020, foi concluída a licitação para a aquisição de 12 veículos elétricos articulados (VLP) da BYD para operar na Linha Verde, com um investimento de R\$ 34,7 milhões. Além da compra dos veículos, a prefeitura ficou responsável pela instalação e manutenção das estações. A cidade desenvolveu uma nova concepção de serviços que inclui a reorganização das linhas, a incorporação de serviços por demanda e a separação das funções de operador, bilhetagem e gestão de dados em licitações específicas, buscando implementar o conceito de “mobilidade como um serviço”. Contudo, a cidade enfrentou dificuldades nas licitações para a contratação de operadores. Diante disso, em 2022, a prefeitura assumiu mais funções no sistema, com a Secretaria de Mobilidade Urbana (SEMOB) responsável pela gestão operacional e a Urbanizadora Municipal (URBAM), pela infraestrutura, bilhetagem e provisão de frota. A cidade, então, lançou um novo edital para a locação de 350 a 437 ônibus elétricos, visando ter uma frota 100% elétrica.

Um aspecto de destaque no projeto foi a elaboração de um inventário de emissões atmosféricas da frota atual, utilizando modelos do Instituto de Energia e Meio-Ambiente (IEMA) para embasar a transição. Além disso, a cidade foi pioneira ao implantar, entre 2018 e 2023, a primeira frota eletrificada de viaturas para a Guarda Civil Municipal (GCM), com 30 veículos elétricos. Essa experiência permitiu acumular conhecimento sobre barreiras burocráticas, resistência de usuários e custos operacionais, gerando recomendações que foram aprimoradas em uma nova contratação em 2023, que expandiu a frota elétrica da GCM para 38 viaturas.

2.7 São Paulo/SP: Programa Abrigo Amigo

A cidade de São Paulo se destaca pelo programa Abrigo Amigo, que visa proteger mulheres nos pontos de ônibus. Em parceria com a Eletromídia, painéis publicitários foram transformados em uma mídia inteligente que permite que mulheres sozinhas se comuniquem com uma atendente remota enquanto esperam o transporte.

Em caso de perigo, a polícia é acionada imediatamente. O projeto conta com dez unidades em pontos da área central da cidade e, em oito meses (entre setembro de 2023 e abril de 2024), registrou 977 chamadas.

2.8 Sorocaba/SP: Projeto Parada Amiga

De forma semelhante à iniciativa de São Paulo, Sorocaba também implementou o projeto Parada Amiga para aumentar a segurança das mulheres nos pontos de ônibus. Em parceria com a concessionária do BRT, um ponto monitorado foi equipado com câmera de alta definição, monitor, alto-falantes e inteligência artificial, supervisionado pelo Centro de Controle Operacional (CCO). Se uma mulher sozinha for identificada em situação de risco, uma atendente interage com ela pela tela até o embarque.

2.9 Vargem Grande Paulista/SP: financiamento da operação dos ônibus

Vargem Grande Paulista, uma cidade com cerca de 54 mil habitantes na região metropolitana de São Paulo, inovou no financiamento da operação de seu transporte público. Em 2019, a cidade implementou a tarifa zero por meio do programa Transporte para Todos, custeado por uma “taxa de transporte” paga pelas empresas da cidade.

Instituída por lei, a taxa incide mensalmente sobre toda pessoa jurídica instalada no município e é calculada com base no número de funcionários, com uma alíquota fixa de R\$ 39,20 por funcionário. Com a gratuidade, o número de passageiros transportados por mês saltou de 36 mil para cerca de 100 mil antes da pandemia. A inovação de Vargem Grande Paulista é semelhante ao *Versement Transport* adotado na França, um modelo defendido há muito tempo pelo setor no Brasil.

3 OUTRAS EXPERIÊNCIAS INSPIRADORAS EM CIDADES BRASILEIRAS E NA AMÉRICA LATINA

Além dos casos detalhados acima, outras cidades também estão desenvolvendo projetos notáveis.

A **Bogotá (Colômbia)** lançou a La Rolita, a primeira operadora de transporte público 100% elétrica e com foco em gênero da América Latina. A empresa foi criada para atender à região de Ciudad Bolívar, uma área socialmente vulnerável que era evitada por operadores privados. Com uma frota de



195 ônibus elétricos, a La Rolita emprega uma força de trabalho em que quase 50% dos motoristas são mulheres, em contraste com a média de apenas 2,8% no restante do sistema da cidade. O programa de formação Eco-conductoras treinou centenas de mulheres, muitas delas sem experiência prévia, para operar os veículos, desafiando estereótipos de gênero em um setor tradicionalmente masculino.

O **Chile** desenvolveu, em 2018, uma Política e Agenda para a Equidade de Gênero no Transporte para modernizar seu sistema de transporte público com base na equidade. Historicamente, o planejamento não considerava os diferentes padrões de mobilidade das mulheres, especialmente os ligados ao trabalho de cuidado não remunerado. A política promove a presença feminina no setor, com o aumento da participação de motoristas mulheres, e exige que novas frotas tenham elementos de acessibilidade, conforto e segurança, beneficiando principalmente mulheres, crianças, idosos e pessoas com mobilidade reduzida.

Fortaleza/CE implementou a Super Nina, uma ferramenta no aplicativo Meu Ônibus que permite a vítimas de assédio sexual fazer denúncias. A tecnologia possibilita capturar vídeos do momento do assédio e mapear as linhas e os locais com maior número de ocorrências, o que levou o poder público a tomar medidas como flexibilizar a parada noturna e melhorar a iluminação.

Hermosillo (México) implementou o programa Camina Segura para aumentar a segurança de mulheres no trajeto casa-trabalho. Com um investimento de MXN\$ 1,2 milhão, o programa instalou luminárias, câmeras de vigilância com botões de pânico e acesso gratuito à internet em pontos de ônibus e locais identificados como “pontos escuros”. O programa foi integrado ao Plano de Desenvolvimento Municipal e está alinhado com a Declaração de Alerta para Violência de Gênero contra a Mulher, emitida pelo governo nacional.

Santo André/SP promoveu um programa de capacitação exclusivo para mulheres habilitadas nas categorias D e E atuarem nos transportes coletivo, escolar e de carga. A iniciativa, financiada parcialmente pelo BID e em parceria com o SEST/SENAT, visou aumentar a representatividade feminina no setor.

A análise de experiências concretas em diferentes cidades permite compreender como os princípios da Transição Justa têm sido incorporados em políticas de mobilidade urbana. O quadro a seguir sintetiza iniciativas brasileiras e latino-americanas, destacando inovações institucionais, mecanismos de financiamento e medidas de inclusão social que ilustram caminhos possíveis para uma mobilidade mais equitativa e sustentável.

Quadro 1 – Experiências brasileiras e latino-americanas em mobilidade urbana no contexto da Transição Justa

CIDADE/PAÍS	INICIATIVA	INOVAÇÕES E AVANÇOS	LIMITAÇÕES E DESAFIOS
Bogotá (Colômbia)	Operadora pública La Rolita, frota 100% elétrica	Enfoque de gênero (60% de mulheres motoristas); atuação em áreas vulneráveis; empoderamento comunitário	Desafios financeiros de longo prazo; resistência inicial de operadores privados
Campinas (Brasil)	Rede de BRTs com frota elétrica; parceria com CPFL e BYD	Integração de planejamento urbano e eletromobilidade; previsão de subsídios e separação de operação financeira	Processos licitatórios interrompidos; atrasos na implementação
Curitiba (Brasil)	Ampliação de corredores BRT e incorporação de ônibus elétricos	Planejamento urbano orientado ao transporte público; financiamento internacional aprovado	Falta de veículos biarticulados elétricos no mercado; alta dependência de recursos externos
Hermosillo (México)	Programa Camina Segura	Instalação de luminárias, câmeras e botões de pânico em pontos de ônibus; foco na segurança de mulheres	Escala limitada; dependência de recursos municipais
Goiânia (Brasil)	Reforma do Eixo Anhanguera e adoção de subsídios	Separação entre tarifa de remuneração e de uso; bilhete único integrado; previsão de eletrificação da frota	Suspensão de edital para locação de ônibus elétricos após questionamentos do Ministério Público
Salvador (Brasil)	Implantação de BRT; testes com frota elétrica	Integração com plano climático; previsão de 33% da frota elétrica; ações de inclusão de gênero como o Mulheres no Volante	Impactos ambientais contestados; contratos de concessão que não preveem eletrificação
São José dos Campos (Brasil)	Linha Verde com frota elétrica pública; gestão pela URBAM	Aquisição de frota pública elétrica; separação entre gestão e operação; pioneirismo na eletrificação de frotas leves da Guarda Civil Municipal	Dificuldades em licitações; necessidade de maior capacidade institucional para sustentar modelo
Santiago, Chile	Política e Agenda para Equidade de Gênero no Transporte	Incorporação da perspectiva de gênero em planejamento e operação; aumento da presença de mulheres no setor	Importante: proposta de consolidação em todo o território nacional

Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).



A diversidade de experiências evidencia que não existe um modelo único de Transição Justa em mobilidade. Enquanto algumas cidades priorizam a eletrificação da frota ou a criação de novas formas de financiamento, outras avançam nas perspectivas de gênero e segurança^{88,89}. A combinação dessas dimensões – tecnológica, econômica, institucional e social – é fundamental para assegurar que a transição energética seja, de fato, um processo inclusivo e equitativo.

4 A PROBLEMÁTICA ESTRUTURAL DO TRANSPORTE PÚBLICO E A URGÊNCIA DE UM NOVO PARADIGMA DE FINANCIAMENTO

A implementação de uma Transição Justa no transporte coletivo brasileiro se depara com um cenário adverso, marcado por uma profunda crise estrutural que, embora anteceda, foi severamente agravada pela pandemia de covid-19.

Essa crise manifesta-se em múltiplos e interconectados fatores, como a contínua queda no número de passageiros, o aumento exponencial dos custos operacionais – impulsionado sobretudo pela volatilidade do preço do óleo diesel – e o esgotamento de um modelo de financiamento anacrônico, baseado quase que exclusivamente na tarifa paga pelo usuário. Esse modelo cria um “círculo vicioso”: a diminuição da demanda pagante pressiona o aumento da tarifa para cobrir os custos fixos, o que, por sua vez, torna o serviço menos competitivo e afasta ainda mais usuários, em um ciclo de precarização contínua.

A pandemia aprofundou drasticamente essa dinâmica. As medidas de restrição de circulação levaram a uma queda abrupta na demanda de passageiros em 2020, enquanto a oferta não pôde ser reduzida na mesma proporção, dado o caráter essencial do serviço. O resultado foi uma crise aguda de financiamento de curto prazo, que impactou diretamente a sustentabilidade dos sistemas, levando à perda de mais de 92 mil postos de trabalho no setor, entre 2020 e 2022, e a inúmeras greves por atrasos salariais⁹⁰. Nesse contexto conflagrado, a transição para tecnologias mais limpas, como os ônibus

88 PÉREZ, Gabriel. **Políticas de movilidad y consideraciones de género en América Latina**. Santiago: CEPAL, 2019. (Série Comercio Internacional, n. 152).

89 OROZCO, Jose. **Colombia's Women-Led Electric Bus Fleet Is Reshaping Bogotá's Public Transit**. **Bloomberg CityLab**, maio 2023.

90 ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). **NTU faz balanço do transporte urbano no pós-pandemia e mostra mais de 90 mil empregos perdidos e prejuízo acumulado de R\$ 36 bilhões**. [s. l.]: ANTP, 2022.

elétricos, impõe um desafio financeiro adicional. Embora ambientalmente desejável, o custo de aquisição desses veículos (CAPEX)⁹¹ é significativamente superior ao dos modelos a diesel. Repassar esse custo adicional para a tarifa pública é inviável, pois agravaria a crise de financiamento e a exclusão social, contradizendo os próprios princípios da Transição Justa.

Portanto, a viabilização de uma Transição Justa no transporte público depende, fundamentalmente, da construção de um novo modelo de financiamento. Esse novo paradigma deve romper com a lógica de que o usuário é o único responsável pelo custeio e reconhecer que o transporte coletivo gera externalidades positivas para toda a sociedade – como a redução de congestionamentos, da poluição do ar e de acidentes de trânsito. Seu financiamento, portanto, deve ser socializado, com a diversificação das fontes de receita. Dentre as alternativas possíveis, destacam-se os subsídios diretos provenientes dos orçamentos públicos em todas as esferas de governo (federal, estadual e municipal), que permitiriam desvincular a remuneração das operadoras do número de passageiros transportados.

Outra via promissora é a contribuição de beneficiários indiretos, por meio de instrumentos como a Taxa Transporte, inspirada no *Versement Transport* francês, pela qual empresas contribuem com o sistema, como já ocorre com sucesso em Vargem Grande Paulista/SP, viabilizando a tarifa zero. Adicionalmente, instrumentos de gestão da demanda, como a cobrança pelo uso do transporte individual motorizado (pedágios urbanos) ou de taxas sobre combustíveis fósseis, podem gerar receitas vinculadas ao transporte público, promovendo um subsídio cruzado socialmente justo.

A reestruturação financeira deve ser acompanhada por novos modelos de contratação que aumentem a governança pública sobre o sistema. A separação entre o fornecimento da frota e a operação do serviço, modelo que vem sendo adotado por cidades como São José dos Campos/SP e Rio de Janeiro/RJ, é um exemplo notável. Nesse arranjo, o poder público adquire ou aluga os veículos (frota pública) e contrata empresas para operá-los. Tal modelo reduz a barreira de investimento para os operadores privados e, crucialmente, confere ao poder público o controle sobre a escolha tecnológica da frota, permitindo acelerar a transição energética de forma planejada e alinhada ao interesse público.

91. CAPEX (*Capital Expenditures*) refere-se aos investimentos de capital destinados à aquisição, construção ou modernização de ativos de longo prazo, como infraestrutura, equipamentos e tecnologias. No contexto da mobilidade urbana, inclui, por exemplo, a compra de ônibus elétricos e a instalação de sistemas de recarga. Diferencia-se de OPEX (*Operational Expenditures*), que corresponde aos custos operacionais recorrentes, como manutenção, energia e mão de obra.

5 DIREITO, ECONOMIA E A CONSTRUÇÃO DE UMA MOBILIDADE URBANA JUSTA

No debate contemporâneo sobre a Transição Justa, não há como não incluir na pauta o tema da mobilidade urbana justa, na medida em que representa um direito humano transversal, indispensável para o exercício de outros direitos fundamentais, como saúde, educação e trabalho.

A ordem constitucional estabelece, em seu artigo 6º, o transporte como direito social; e, no artigo 30, atribui aos municípios a responsabilidade pela organização e prestação dos serviços de transporte público coletivo. Essa consagração normativa, reforçada pela Lei n. 12.587/2012⁹², exige a construção de marcos regulatórios que assegurem não apenas a eficiência operacional, mas também as equidades social e territorial no acesso à mobilidade. No entanto, a materialização desse direito enfrenta obstáculos significativos quando submetida a um modelo econômico-financeiro que é anacrônico, pois é baseado quase que exclusivamente na modalidade de tarifas pagas pelos usuários. Esse arranjo transfere o custo da modernização tecnológica – como a eletrificação das frotas – para populações que já enfrentam restrições de renda; e tal situação cria um paradoxo: a busca por sustentabilidade ambiental pode, inadvertidamente, ampliar desigualdades sociais.

A superação desse impasse demanda um novo paradigma de financiamento, no qual o transporte coletivo seja reconhecido como um bem público gerador de externalidades positivas, justificando o aporte de recursos orçamentários e a criação de instrumentos redistributivos.

Experiências recentes (tanto no Brasil quanto no exterior) demonstram que a diversificação das fontes de receita é uma condição indispensável para a sustentabilidade do setor. A adoção de subsídios diretos (como proposto em Goiânia), a implementação de taxas específicas sobre beneficiários indiretos – a exemplo da Taxa Transporte de Vargem Grande Paulista, inspirada no *Versement Transport* francês – e a utilização de instrumentos de precificação do uso do transporte individual motorizado, como pedágios urbanos e taxaço de combustíveis fósseis, são algumas das estratégias que conciliam justiça econômica e inclusão social.

Do ponto de vista regulatório, a transição para modelos mais justos também requer mais protagonismo do poder público para a definição de padrões tecnológicos, bem como a regulação dos contratos de concessão e a criação de mecanismos de monitoramento e avaliação de desempenho socioambiental. A separação entre fornecimento da frota e operação do serviço

92 BRASIL. Lei n. 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2012.

(já experimentada, por exemplo, na cidade de São José dos Campos) abre espaço para que a escolha tecnológica esteja orientada pelo interesse público, reduzindo riscos de captura privada.

Assim, a efetivação de uma mobilidade urbana justa depende de um arcabouço jurídico e econômico capaz de redistribuir custos e benefícios, garantindo que a inovação tecnológica não seja privilégio de poucos, mas um vetor de justiça social. Em outras palavras, a transição energética na mobilidade somente será justa se amparada por marcos regulatórios inclusivos e por mecanismos de financiamento sustentável que reconheçam o transporte como um direito fundamental e um bem comum. O quadro a seguir sintetiza os principais modelos de financiamento do transporte público, destacando suas vantagens e limitações no contexto da Transição Justa, o que evidencia que nenhum modelo, isoladamente, é capaz de garantir uma mobilidade urbana justa. O desafio reside em combinar instrumentos regulatórios e mecanismos de financiamento que redistribuam custos, assegurem equidade e viabilizem a inovação tecnológica sem penalizar os usuários mais vulneráveis:

Quadro 2 – Modelos de financiamento do transporte público no contexto da Transição Justa

MODELO DE FINANCIAMENTO	EXEMPLOS CITADOS	VANTAGENS	LIMITAÇÕES
Tarifa paga pelo usuário	Prática tradicional no Brasil	Simplicidade administrativa; custo direto para quem usa o serviço	Regressivo (pesa mais sobre os mais pobres); insustentável diante da queda de demanda; inviabiliza eletrificação da frota
Subsídios diretos (recursos orçamentários)	Goiânia (subsídio ao Eixo Anhanguera)	Permite modicidade tarifária; garante a continuidade do serviço essencial; reduz a pressão sobre os usuários	Depende de disponibilidade fiscal e vontade política; há o risco de cortes em períodos de austeridade
Contribuição de beneficiários indiretos (Taxa Transporte)	Vargem Grande Paulista; inspirado no Versement Transport francês	Redistribui custos entre empresas e a sociedade; pode viabilizar tarifa zero; gera previsibilidade de receita	Resistência política do setor empresarial; necessidade de legislação específica

MODELO DE FINANCIAMENTO	EXEMPLOS CITADOS	VANTAGENS	LIMITAÇÕES
Instrumentos de precificação do transporte individual	Pedágio urbano; taxação de combustíveis fósseis	Incentiva mudança modal; gera receita vinculada ao transporte coletivo; contribui para a redução de emissões	Forte resistência política; impacto regressivo se não acompanhado de políticas compensatórias
Separação entre frota e operação (frota pública/locada)	São José dos Campos; Rio de Janeiro	Reduz barreiras de investimento para operadores; permite ao poder público definir tecnologias; aumenta a governança	Requer mais capacidade de gestão pública; há o risco de burocratização

Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

6 INOVAÇÃO INSTITUCIONAL E PARTICIPAÇÃO SOCIAL COMO PILARES DA TRANSFORMAÇÃO

A Transição Justa transcende as esferas técnica e financeira; ela se consolida, em sua essência, como uma profunda transformação social e política. E se faz necessário compreender a Transição Justa dentro das perspectivas de desenvolvimento econômico: como um conceito vivo, dinâmico e politicamente situado, é essencial para assegurar que as transformações necessárias sejam realmente capazes de promover equidade, sustentabilidade e inclusão/integração social^{93,94}. Para que a inovação tecnológica se traduza em mais equidade e bem-estar coletivo, é imperativo que o processo seja conduzido por uma governança democrática e permeado pela participação social. Não se trata apenas de implementar novas tecnologias, mas de redefinir as relações de poder e os processos decisórios que moldam a mobilidade urbana.

É fundamental garantir que os processos decisórios relacionados à transição sejam democráticos, participativos e transparentes, possibilitando que

93 WANG, Xinxin; LO, Kevin. Just transition: A conceptual review. *Energy Research & Social Science*, [s. l.], v. 82, e109221, 2021.

94 STARK, Anthony; GALE, Fred; MURPHY-GREGORY, Hannah. Just transitions' meanings: a systematic review. *Society & Natural Resources*, [s. l.], v. 36, n. 10, p. 1277-1297, 2023

as comunidades diretamente impactadas tenham voz ativa na definição dos caminhos a serem adotados^{95,96}.

Como visto anteriormente, experiências locais e internacionais demonstram a viabilidade e a potência dessa abordagem. No Brasil, o município de São José dos Campos/SP se destaca como um caso paradigmático. A decisão de eletrificar 100% da frota de ônibus foi acompanhada por uma reestruturação da gestão pública, durante a qual a prefeitura, por meio da empresa municipal URBAM, assumiu o controle da bilhetagem e da frota, contratando separadamente a operação dos serviços. Essa centralização da gestão permitiu ao poder público exercer um controle mais efetivo sobre a qualidade e a tecnologia do sistema.

A cidade também foi pioneira na eletrificação de frotas públicas leves, como a da Guarda Civil Municipal, acumulando um valioso conhecimento prático sobre os desafios operacionais e os benefícios da eletromobilidade. No cenário internacional, a criação da operadora pública La Rolita em Bogotá, Colômbia, exemplifica uma Transição Justa com um forte e deliberado enfoque de gênero. Operando em Ciudad Bolívar, uma área de alta vulnerabilidade social onde operadores privados se recusavam a atuar, La Rolita não apenas implantou uma frota 100% elétrica, mas também construiu um quadro de funcionários com cerca de 60% de mulheres motoristas, muitas delas chefes de família. O programa não se limitou à capacitação técnica em direção de veículos pesados; incluiu formação em temas como empoderamento, gestão financeira e prevenção de violência de gênero, desafiando ativamente os estereótipos em um setor tradicionalmente masculino. La Rolita evidencia que a transição energética pode ser uma poderosa ferramenta para a inclusão produtiva e a transformação de relações sociais.

Esses casos, entre outros, revelam um conjunto de fatores indispensáveis para o fortalecimento de uma Transição Justa: primeiramente, a liderança necessária implementada pelo poder público, que precisa assumir riscos, fomentar a inovação e garantir que os resultados beneficiem interesses públicos, não apenas privados⁹⁷.

Em segundo lugar, a participação comunitária deve estar no cerne do processo decisório, desde o planejamento até a avaliação das políticas. Apenas com o envolvimento direto das comunidades mais afetadas é possível assegurar que as soluções atendam às necessidades locais e gerem um sentimento de apropriação dos projetos.

95 SOVACOOOL, Benjamin K.; GRIFFITHS, Steve. Culture and low-carbon energy transitions. *Nature Sustainability*, Londres, v. 3, n. 9, p. 685-693, 2020.

96 INTERNATIONAL TRADE UNION CONFEDERATION (ITUC). *Just Transition Centre*. 2017.

97 MAZZUCATO, Mariana. *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths*. New York: Anthem Press, 2014.



O diálogo social, envolvendo sindicatos e trabalhadores, é igualmente crucial para planejar a requalificação profissional, garantir condições de trabalho dignas e mitigar os impactos negativos sobre o emprego.

Por fim, a transformação social requer uma mudança cultural que reposicione o transporte público, de um mero “serviço” para um direito fundamental e um bem comum. Campanhas de sensibilização e conscientização, aliadas a melhorias tangíveis na qualidade do serviço – como a introdução de ônibus elétricos, mais silenciosos, confortáveis e ambientalmente amigáveis –, são fundamentais para alterar a percepção pública, atrair novos usuários e construir um consenso social em torno da priorização do transporte coletivo. A Transição Justa, portanto, é um projeto (eminentemente) cultural e político, que exige a construção de novas formas de governança urbana, mais democráticas, participativas e orientadas para a equidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transição para uma mobilidade urbana de baixo carbono representa uma oportunidade (ou um chamado) para redesenhar nossas cidades, tornando-as mais justas, inclusivas e sustentáveis. Contudo, a inovação tecnológica é uma condição necessária, mas não suficiente para alcançar tais objetivos, isoladamente.

Sem uma orientação clara e inequívoca pelos eixos fundantes da Transição Justa, a modernização do setor de transportes corre o sério risco de se tornar um fim em si mesma, reforçando desigualdades estruturais que historicamente marca(ram) o desenvolvimento urbano no Brasil.

Uma transição verdadeiramente justa na mobilidade urbana demanda uma abordagem sistêmica, capaz de atacar as raízes da crise que assola o transporte público coletivo. Isso implica a superação definitiva do modelo de financiamento baseado exclusivamente na tarifa paga pelo usuário, adotando em seu lugar um sistema diversificado que reconheça o transporte público como um serviço essencial, cujo custeio deve ser compartilhado por toda a sociedade em virtude das externalidades positivas que gera. E, além disso, requer inovação nos modelos de contratação e gestão, com o poder público assumindo um protagonismo diferenciado na definição de tecnologias, na garantia da qualidade e na universalização do acesso ao serviço. Acima de tudo, a Transição Justa é um projeto de transformação cultural, social e política. Seu sucesso depende da participação ativa das comunidades e dos grupos afetados, do diálogo social construtivo com os trabalhadores do setor

e de um compromisso explícito e transversal com a equidade, especialmente a de gênero.

Experiências como as de São José dos Campos e Bogotá são faróis que iluminam o caminho, demonstrando que é plenamente possível aliar a descarbonização com a geração de empregos dignos, a inclusão de mulheres em setores não tradicionalmente por elas ocupados e a melhoria substancial da qualidade de vida em territórios vulnerabilizados.

O percurso a ser trilhado é complexo. Exige vontade política, pressão e controle sociais, investimento estratégico de longo prazo e uma mudança de paradigma que coloque as pessoas – em todas as suas diversidades –, e não os veículos, no centro do planejamento urbano.

Se o Brasil souber aproveitar essa (janela de) oportunidade, a transição energética na mobilidade poderá se converter em um poderoso motor para a construção de cidades não apenas mais limpas e eficientes, mas fundamentalmente mais democráticas, resilientes e justas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). **NTU faz balanço do transporte urbano no pós-pandemia e mostra mais de 90 mil empregos perdidos e prejuízo acumulado de R\$ 36 bilhões.** [S. l.]: ANTP, 2022. Disponível em: <https://www.antp.org.br/noticias/clippings/ntu-faz-balanco-do-transporte-urbano-no-pos-pandemia-e-mostra-mais-de-90-mil-empregos-perdidos-e-prejuizo-acumulado-de-r-36-bilhoes.html>. Acesso em: 5 out. 2025.

BOARETO, Renato. **Perspectivas para uma transição energética justa no transporte público coletivo no Brasil.** São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2022. Disponível em: https://rosalux.org.br/wp-content/uploads/2022/08/202208_TEJIEMA-1.pdf. Acesso em: 18 mar. 2026.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 28 set. 2025.

BRASIL. **Lei n. 9.503, de 23 de setembro de 1997.** Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, DF: Presidência da República, 1997. Disponível



em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19503compilado.htm.

Acesso em: 18 mar. 2026.

BRASIL. **Lei n. 12.587, de 3 de janeiro de 2012.** Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis n. 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei n. 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis n. 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 18 mar. 2026.

BRAKARZ, Bárbara *et al.* **Mobilidade urbana e agenda ASG:** um caminho para o desenvolvimento econômico e sustentável. Brasília, DF: BID, 2023. Disponível em: <https://publications.iadb.org/pt/publications/portuguese/viewer/Mobilidade-urbana-e-agenda-ASG-um-caminho-para-o-desenvolvimento-econmico-e-sustentavel.pdf>. Acesso em: 15 out. 2025.

C40 CITIES. **Barriers to action:** Gaps in financing for a just transition, social protection, and loss and damage in cities (Summary). [S. l.]: C40 Cities, 2024. Disponível em: <https://c40.my.salesforce.com/sfc/p/#36000001Enhz/a/V0000000FhW5/uS3e.of8Ks4MLngb5qNvZ8zmQaEob4Wb1IL4IGkJTaE>. Acesso em: 18 mar. 2026.

FRASER, Nancy. Para uma crítica das crises do capitalismo: entrevista com Nancy Fraser. **Perspectivas**, São Paulo, v. 49, p. 161-185, jan./jun. 2017. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/perspectivas/article/view/10986>. Acesso em: 3 abr. 2025.

FRASER, Nancy. Contradições entre capital e cuidado. **Princípios:** Revista de Filosofia, Natal, v. 27, n. 53, p. 261-288, maio/ago. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/principios/article/view/16876/12950>. Acesso em: 3 abr. 2025.

GOIÁS. **Lei Complementar n. 169, de 29 de dezembro de 2021.** Reformula e disciplina a Rede Metropolitana de Transporte Coletivo da Grande Goiânia, também reestrutura a Câmara Deliberativa de Transportes Coletivos e a Companhia Metropolitana de Transportes Coletivos. Goiânia: Governo do Estado, 2021. Disponível em: <https://legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/104731/pdf>. Acesso em: 21 mar. 2026.

HEFFRON, Raphael J.; McCAULEY, Darren. What is the ‘just transition’? **Geoforum**, [s. l.], v. 88, p. 74-77, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016718517303287?via%3Dihub>. Acesso em: 8 ago. 2025.

HENRY, Matthew S.; BAZILIAN, Morgan D.; MARKUSON, Chris. Just transitions: histories and futures in a post-COVID world. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 68, p. 101668, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32839696/>. Acesso em: 21 mar. 2026.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). **Guidelines for a just transition towards environmentally sustainable economies and societies for all**. Genebra: ILO, 2015. Disponível em: <https://www.ilo.org/publications/guidelines-just-transition-towards-environmentally-sustainable-economies>. Acesso em: 18 mar. 2026.

INTERNATIONAL TRADE UNION CONFEDERATION (ITUC). **Just Transition Centre**. 2014. Disponível em: <https://www.ituc-csi.org/just-transition-centre>. Acesso em: 30 out. 2024.

JUHOLA, Sirkku *et al.* Connecting climate justice and adaptation planning: an adaptation justice index. **Environmental Science & Policy**, [s. l.], v. 136, p. 609-619, out. 2022. Disponível em: <https://researchportal.helsinki.fi/en/publications/connecting-climate-justice-and-adaptation-planning-an-adaptation-/>. Acesso em: 5 set. 2025.

MAZZUCATO, Mariana. **The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths**. New York: Anthem Press, 2014.

MOIRA, Amora *et al.* **Recortes de uma cidade por vir**. São Paulo: Instituto Pólis, 2020.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL PARA AS MIGRAÇÕES (OIM). **Incluindo a mobilidade humana na adaptação à mudança do clima com uma abordagem transversal de justiça climática**. Brasília, DF: Agência da ONU para Migrações, 2024. Disponível em: https://brazil.iom.int/sites/g/files/tmzbd11496/files/documents/2025-05/mobilidade_humana_na_adaptacao_a_mudanca_do_clima.pdf. Acesso em: 5 set. 2025.



OROZCO, Jose. Colombia's Women-Led Electric Bus Fleet Is Reshaping Bogotá's Public Transit. **Bloomberg CityLab**, maio 2023. Disponível em: tomorrow.city/whitepaper-cartography-urban-future. Acesso em: 5 set. 2025.

PÉREZ, Gabriel. **Políticas de movilidad y consideraciones de género en América Latina**. Santiago: CEPAL, 2019. (Série Comercio Internacional, n. 152). Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/45670ca3-9bfa-48d6-b3e0-eb7ffda908/content>. Acesso em: 18 mar. 2026.

STARK, Anthony; GALE, Fred; MURPHY-GREGORY, Hannah. Just transitions' meanings: a systematic review. **Society & Natural Resources**, [s. l.], v. 36, n. 10, p. 1277-1297, 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08941920.2023.2207166>. Acesso em: fev. 2025.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI). **Entenda o que são e o que fazem o SESI e o SENAI**. [S. l.]: SENAI, 2021. Disponível em: <https://www.rn.senai.br/entenda-o-que-sao-e-o-que-fazem-o-sesi-e-o-senai/>. Acesso em: 5 set. 2025.

SOVACOOOL, Benjamin K.; GRIFFITHS, Steve. Culture and low-carbon energy transitions. **Nature Sustainability**, Londres, v. 3, n. 9, p. 685-693, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119307774>. Acesso em: 18 mar. 2026.

TORO CHACÓN, Felipe Andrés *et al.* **Transição Energética Justa para Indústrias no Brasil: tecnologia e critérios sustentáveis para a indústria siderúrgica**. Brasília, DF: Projeto H2Brasil; Ministério de Minas e Energia, 2024. Disponível em: https://cebri.org/media/documentos/arquivos/Transicao_Energetica_Justa_par.pdf. Acesso em: 18 mar. 2026.

TRANSFORMATIVE URBAN MOBILITY INITIATIVE (TUMI). **Briefing: A Just Transition in the Transport Sector**. [S. l.]: TUMI, 2022. Disponível em: https://transformative-mobility.org/wp-content/uploads/2023/06/TUMI_Publication_JustTransition_Briefing_2022-09.pdf. Acesso em: 18 mar. 2026.

WANG, Xinxin; LO, Kevin. Just transition: A conceptual review. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 82, e109221, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629621003832>. Acesso em: 18 mar. 2026.



GOVERNANÇA ALGORÍTMICA NO JUDICIÁRIO: IMPACTOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA SOBRE DIREITOS FUNDAMENTAIS E JUSTIÇA PROCESSUAL

Isabella da Penha Lopes Santana⁹⁸

Fábio Vasconcelos Siqueira⁹⁹

Resumo: O avanço da inteligência artificial generativa (GenAI) representa um marco tecnológico que desafia diretamente o sistema jurídico. Este capítulo investiga como tais ferramentas podem impactar a proteção de direitos fundamentais e o devido processo legal, considerando tanto seu potencial de inovação quanto os riscos associados. A análise parte de uma revisão histórica e conceitual da inteligência artificial, destacando a evolução para modelos generativos capazes de criar textos, imagens e decisões automatizadas. A justificativa do estudo reside na necessidade de compreender como tais tecnologias, cada vez mais presentes no Judiciário, podem ampliar o acesso à justiça e otimizar atividades forenses, ao mesmo tempo que suscitam preocupações com vieses, alucinações algorítmicas e falta de transparência. A metodologia adotada é exploratória e bibliográfica, baseada em análise documental de normas nacionais e internacionais, como a Resolução do Conselho Nacional de Justiça (CNJ) n. 332/2020, a Circular da Corregedoria Regional da Justiça

98 Mestranda no Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IDP). Formada em Direito, na Universidade Veiga de Almeida, em 2019. Especialista em Direito Digital e Compliance pelo Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais (IBMEC). Pós-graduanda em Direito Digital, Dados e Inteligência Artificial pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IDP). Certificada como Data Protection Officer pela Fundação Getúlio Vargas (FGV/RJ). Certificada em Ética e Legislação em Análise de Dados pela Microsoft e em Ciência da Computação para Advogados (CS50) pela Harvard University. Foi pesquisadora por três anos consecutivos da Cátedra Oscar Sala na Universidade de São Paulo (USP).

99 Mestrando no Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IDP). Formado em Direito, na Universidade Tiradentes, em 2000. Advogado Sênior da Petrobras.



Federal (COGER) n. 33/2023, o AI Act/2021 europeu e o Projeto de Lei (PL) n. 2.338/2023, além de estudos de casos noticiados no Brasil e no exterior. Os resultados apontam que a utilização da GenAI no Judiciário já vem produzindo efeitos concretos, com exemplos de decisões baseadas em informações falsas ou enviesadas, evidenciando a necessidade de governança responsável e mecanismos de supervisão crítica. Conclui-se que a integração da GenAI ao sistema de justiça exige um equilíbrio entre inovação e salvaguardas éticas, jurídicas e sociais, de modo que a tecnologia funcione como apoio aos operadores do direito e não como substituto da função jurisdicional humana.

INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem como objetivo analisar os impactos da inteligência artificial generativa no campo jurídico, especialmente no que se refere à proteção dos direitos fundamentais e ao respeito ao devido processo legal. Pretende-se avaliar em que medida tais tecnologias podem contribuir para a modernização do sistema de justiça e para a ampliação do acesso à informação, mas também como podem gerar riscos relacionados à discriminação algorítmica, à falta de transparência e à violação de garantias processuais. O contexto desta pesquisa parte do avanço acelerado da Inteligência Artificial (IA), impulsionado pela disponibilidade de grandes volumes de dados e pelo desenvolvimento de modelos de linguagem de larga escala.

Ferramentas de IA generativa, como os modelos de linguagem natural, já estão sendo aplicadas em setores diversos, inclusive no âmbito jurídico, seja para auxiliar na elaboração de petições, na análise de jurisprudência ou no suporte à tomada de decisão judicial. No entanto, tais usos levantam preocupações significativas sobre a possibilidade de automatização de erros, vieses e “alucinações” algorítmicas, que podem comprometer a imparcialidade e a confiabilidade do processo judicial. A metodologia adotada é de caráter exploratório e bibliográfico, com base em documentos normativos nacionais e internacionais, como a Resolução CNJ n. 332/2020¹⁰⁰ e a Circular COGER n. 33/2023¹⁰¹, além de experiências estrangeiras, a exemplo de iniciativas regulatórias nos Estados Unidos, Canadá, União Europeia e China. O referencial teórico fundamenta-se em autores clássicos, como Alan Turing¹⁰², que intro-

100 BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. **Resolução n. 332, de 21 agosto de 2020**. Dispõe sobre a ética, a transparência e a governança na produção e no uso de Inteligência Artificial no Poder Judiciário e dá outras providências. Brasília, DF: CNJ, 2020.

101 *Id.* Tribunal Regional Federal da 1ª Região. **Circular COGER n. 33**. Brasília, DF: TRT4, 2023.

102 TURING, Alan M. Computing machinery and intelligence. **Mind**, Oxford, v. 59, n. 236, p. 433-460, 1950.

duziu reflexões pioneiras sobre a autonomia das máquinas, e em contribuições contemporâneas de estudiosos como Russell e Norvig¹⁰³, Floridi e Cowls¹⁰⁴, e Zuboff¹⁰⁵, que discutem a relação entre IA, ética e governança. A partir desse quadro, busca-se compreender de que modo a IA generativa pode ser integrada ao sistema de justiça sem comprometer os princípios constitucionais que sustentam o Estado de Direito.

1 O QUE É A IA E IA GENERATIVA

A Inteligência Artificial (IA) é uma das áreas mais dinâmicas e transformadoras da ciência da computação e tem provocado mudanças significativas na economia, na cultura, na produção científica e na vida cotidiana. Nas últimas décadas, avanços exponenciais em poder computacional, disponibilidade de dados e algoritmos sofisticados impulsionaram o desenvolvimento de sistemas capazes de executar tarefas que, até pouco tempo atrás, eram restritas ao intelecto humano. Todavia, há de ser destacado que a evolução da IA no Direito começou na década de 1960, com sistemas iniciais de IA baseados principalmente em aprendizado de máquina que eram utilizados para o processamento de documentos e informações, mas exigiam dados estruturados. Esses sistemas não foram amplamente adotados devido à falta de informações estruturadas nos processos judiciais e arbitrais. Os dados desses processos são “não estruturados” porque não seguem um padrão consistente, já que cada tribunal e câmara arbitral possui seu próprio estilo e organização para sentenças e laudos. Assim sendo, como resultado da evolução tecnológica, um ramo específico ganhou destaque a partir da segunda metade da década de 2010: a Inteligência Artificial Generativa (*Generative AI* ou *GenAI*), capaz de criar conteúdos como textos, imagens, músicas e até mesmo códigos de programação com um grau de qualidade e coerência cada vez mais próximo da produção humana. Mas, antes de se adentrar propriamente no tema da IA generativa, é importante definir o que é entendido como IA.

A definição de Inteligência Artificial não é única, mas converge em torno da ideia de sistemas computacionais capazes de realizar tarefas que requerem habilidades associadas à inteligência humana, tais como percepção, raciocínio, aprendizagem, resolução de problemas e tomada de decisão. De acordo com

103 RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence: a modern approach**. 4. ed. Hoboken: Pearson, 2021.

104 FLORIDI, Luciano; COWLS, Josh. A unified framework of five principles for AI in society. In: FLORIDI, Luciano (ed.). **Ethics, governance, and policies in artificial intelligence**. Cham: Springer, 2021. p. 5-17.

105 ZUBOFF, Shoshana. **The age of surveillance capitalism: the fight for a human future at the new frontier of power**. New York: PublicAffairs, 2019.



a abordagem de Alan Turing¹⁰⁶, no Teste de Turing, o computador passaria no teste, sendo considerado uma inteligência artificial se um interrogador humano, após a propositura de algumas perguntas por escrito, não conseguir distinguir se as respostas vieram de outro humano ou de um computador.

Para tanto, de acordo com Russell e Norvig¹⁰⁷, seria necessário que o computador apresentasse as seguintes capacidades:

1. Processamento de linguagem natural para que fosse possível a comunicação em idioma natural;
2. Representação de conhecimento para o armazenamento do que se sabe e do que se ouve;
3. Raciocínio automatizado para que, através das informações armazenadas, seja possível responder perguntas e chegar a novas conclusões;
4. Aprendizado de máquina para que seja possível se adaptar a novas circunstâncias, além de detectar e extrapolar padrões.

Segundo Santana, “os processos de formação de inteligência artificial cada vez mais se assemelham com o que é chamado de processo natural de formação de inteligência”¹⁰⁸, sendo esse o processo que todos seres vivos passam para adquirir inteligência. Para que esses processos sejam possíveis, a tecnologia se baseia em *machine learning* (ML) e *deep learning* (DL). O ML usa algoritmos e modelos estatísticos para ajudar computadores a aprender e prever baseados em dados de treino, o que faz com que a *performance* do computador melhore de acordo com maior exposição a dados, ao longo do tempo.

A ideia por trás do ML é que o sistema passe a identificar padrões e relações em grandes bases de dados, possibilitando que ele faça previsões e tome decisões baseadas nos padrões identificados. Já o *deep learning* é um tipo de *machine learning*. Ele depende de redes neurais artificiais de várias camadas. Modelos desse tipo são desenvolvidos a partir de vastos volumes de dados e alto poder de processamento, permitindo que aprendam e identifiquem, de forma automática, características presentes nas informações. Os algoritmos de DL são construídos para imitar a organização e o funcionamento do cérebro humano, o que lhes possibilita detectar padrões, tomar decisões e executar atividades complexas.

106 TURING, Alan M. Computing machinery and intelligence. **Mind**, Oxford, v. 59, n. 236, p. 433-460, 1950.

107 RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence: a modern approach**. 4. ed. Hoboken: Pearson, 2021. p. 34 (tradução nossa).

108 SANTANA, Isabella da Penha Lopes. Culpabilidade penal da inteligência artificial: era de Ultron. In: FALCÃO, Cintia; CARNEIRO, Tayná (coord.). **Direito exponencial: o papel das novas tecnologias no jurídico do futuro**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2020. p. 87-112. p. 89.

A IA abrange diversas subáreas, como processamento de linguagem natural (PLN), visão computacional, robótica, aprendizado de máquina (*machine learning*), aprendizado profundo (*deep learning*) e, mais recentemente, a inteligência artificial generativa. Com a popularização da internet, a quantidade de dados digitais cresceu exponencialmente. Aliada ao aumento da capacidade de processamento e ao desenvolvimento de unidades de processamento gráfico, a IA encontrou terreno fértil para ressurgir com o *deep learning*, que permitiu treinar redes neurais profundas com milhões de parâmetros. A partir de 2014, com o surgimento das Redes Generativas Adversariais (GANs), e posteriormente com os modelos de linguagem de grande escala (LLMs), a IA deu um salto qualitativo: deixou de apenas reconhecer padrões para também criar conteúdos. Em novembro de 2022, surge o ChatGPT, da Open AI, o que mudou o panorama de IA como conhecíamos e elevou o padrão do que se era esperado de um sistema dotado de inteligência artificial.

A IA generativa empregou modelos computacionais capazes de produzir novos dados ou conteúdos originais a partir de padrões aprendidos em conjuntos de dados existentes, os quais, ao contrário de modelos preditivos clássicos, que classificam ou identificam, tais modelos generativos sintetizam informações e geram saídas que não existiam previamente no conjunto de treinamento. Assim, destaca-se que as características fundamentais da IA generativa incluem: (a) capacidade criativa: geração de textos, imagens, sons, vídeos ou códigos; (b) aprendizado estatístico profundo: detecção de estruturas e relações complexas nos dados; (c) interatividade: possibilidade de personalizar e adaptar as saídas conforme instruções humanas; e (d) multimodalidade: integração de diferentes tipos de dados (texto, imagem, áudio).

O funcionamento da IA generativa pode ser compreendido a partir de três etapas principais, que se inter-relacionam para permitir a produção de conteúdo original de forma coerente e contextualizada. A primeira etapa é o treinamento que envolve, inicialmente, a coleta de dados em larga escala, provenientes tanto de fontes públicas quanto privadas. Esses dados podem incluir textos, imagens, áudios ou outros formatos, e constituem a base sobre a qual o modelo aprenderá a identificar padrões. Após a coleta, realiza-se o pré-processamento, no qual as informações são limpas, normalizadas e organizadas, de modo a eliminar ruídos e inconsistências que poderiam comprometer o desempenho do modelo.

Em seguida, ocorre o aprendizado de padrões, etapa em que a rede neural ajusta bilhões de parâmetros internos, representando as relações e estruturas estatísticas presentes nos dados e permitindo que o sistema capture complexidades e sutilezas próprias do domínio treinado. A segunda etapa corresponde à geração, momento em que o modelo, a partir de um *prompt* ou estímulo inicial

– seja um texto, imagem ou som –, cria amostras originais. Esse processo é orientado por funções de probabilidade que determinam, com base no aprendizado prévio, quais elementos devem compor a resposta, assegurando tanto a coerência quanto a relevância do conteúdo produzido. Por fim, a terceira etapa envolve o ajuste e refinamento, no qual se realiza o *fine-tuning*, ou seja, o ajuste fino do modelo para contextos ou domínios específicos, aumentando a precisão e a adequação das respostas. Esse processo é frequentemente complementado por *feedback* humano, em que especialistas ou usuários avaliam as saídas geradas e, a partir dessas avaliações, calibram o modelo para aprimorar seu desempenho em futuras interações. Dessa forma, as três etapas – treinamento, geração e refinamento – formam um ciclo contínuo de aprendizado e aperfeiçoamento, característico da inteligência artificial generativa.

De acordo com De La Osa e Remolina:

A ascensão à proeminência da IA generativa pode ser atribuída à convergência de maior poder computacional, grandes volumes de dados disponíveis para treinamento e avanços significativos nos algoritmos de aprendizado de máquina. A democratização dessa tecnologia por meio de plataformas publicamente acessíveis e a popularização dos Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs) e dos serviços baseados em nuvem impulsionaram ainda mais a acessibilidade da IA generativa, permitindo que pequenas empresas e indivíduos aproveitem seu vasto potencial e utilizem essas tecnologias sem custo (ou com custo mínimo)¹⁰⁹.

Dessa forma, cabe destacar que pelo menos três fatores contribuíram para o sucesso global da GenAI e para o agravamento dos desafios jurídicos associados. O primeiro fator é o uso em grande escala da GenAI pelo público. Em segundo lugar, essas aplicações são produzidas e comercializadas pelas maiores plataformas da nossa era, por exemplo, Meta, Alphabet, Baidu, Apple etc.

As aplicações da GenAI são muito mais do que experiências iniciais que testaram os limites da geração de conteúdo algorítmico. E em terceiro lugar, os algoritmos da IA gerativa dependem de enormes conjuntos de dados, muitas vezes não estruturados. Como tal, precisam de informações massivas (*big data*)¹¹⁰

109 DE LA OSA, David Uriel Socol; REMOLINA, Nydia. Artificial intelligence at the bench: legal and ethical challenges of informing – or misinforming – judicial decision-making through generative AI. *Data for Policy*, Cambridge, v. 6, e59, 2024. (tradução nossa).

110 Segundo a International Business Machines Corporation (IBM), *big data* é “um tipo de conjunto de dados usado em *analytics* que possui uma imensa quantidade de dados variados e complexos que não podem ser processados por sistemas de gerenciamento de dados tradicionais” (IBM. **O que é Big Data?** São Paulo: IBM Brasil, 18 nov. 2024).

para desenvolver os seus modelos e aumentar a satisfação do usuário. Esses três fatores levaram a um ritmo sem precedentes no desenvolvimento de modelos de IA gerativa e a uma corrida sem precedentes para controlar os mercados e dominar os espaços regulatórios. A IA generativa, ainda segundo De La Osa e Remolina, pode “expandir o acesso à justiça ao torná-la mais ágil e, ainda, proporcionar maior certeza e objetividade, reforçando assim potencialmente o Estado de Direito”¹¹¹. Entretanto, o poder dessa tecnologia exige atenção redobrada a questões éticas, jurídicas e sociais, de modo a assegurar que seu uso contribua para o desenvolvimento humano sem comprometer valores fundamentais.

2 UTILIZAÇÃO DE IA GENERATIVA NA ADVOCACIA E JUDICIÁRIO

A incorporação de tecnologias baseadas em IA ao campo jurídico tem potencial para redefinir profundamente a prática da advocacia e o funcionamento do Poder Judiciário. Entre essas inovações, a IA generativa destaca-se por sua capacidade de produzir textos, resumos, peças processuais e análises jurídicas de forma automatizada, a partir de instruções fornecidas pelo usuário. Essa funcionalidade abre novas possibilidades para a otimização de tarefas repetitivas, o aumento da eficiência na pesquisa jurídica e o aprimoramento do acesso à justiça. Ao mesmo tempo, suscita relevantes debates sobre questões éticas, jurídicas e técnicas, incluindo a confiabilidade das informações geradas, a proteção de dados sensíveis, a responsabilidade sobre o conteúdo produzido e o risco de viés algorítmico. Nesse contexto, compreender o papel e os impactos da IA generativa no setor jurídico torna-se essencial para orientar seu uso de forma segura, transparente e alinhada aos princípios fundamentais do direito.

Nesse sentido, a Corregedoria Regional da Justiça Federal da 1ª Região emitiu a Circular n. 33/2023¹¹² com o objetivo de orientar magistrados e servidores quanto ao uso de ferramentas de inteligência artificial generativa no âmbito do Poder Judiciário. O documento, parte da Resolução CNJ n. 332/2020¹¹³, que estabelece diretrizes de ética, transparência e governança para o emprego da IA em atividades judiciais, reforça três deveres centrais no uso dessas tecnolo-

111 DE LA OSA, David Uriel Socol; REMOLINA, Nydia. Artificial intelligence at the bench: legal and ethical challenges of informing – or misinforming – judicial decision-making through generative AI. **Data for Policy**, Cambridge, v. 6, e59, 2024. (tradução nossa).

112 BRASIL. Tribunal Regional Federal da 1ª Região. **Circular COGER n. 33**. Brasília, DF: TRT4, 2023.

113 *Id.* Conselho Nacional de Justiça. **Resolução n. 332, de 21 agosto de 2020**. Dispõe sobre a ética, a transparência e a governança na produção e no uso de Inteligência Artificial no Poder Judiciário e dá outras providências. Brasília, DF: CNJ, 2020.



gias, sendo esses a (i) cautela, a (ii) supervisão e a (iii) divulgação responsável. Além disso, a Circular recomenda expressamente que não sejam utilizadas ferramentas abertas e não homologadas de IA generativa para pesquisas de precedentes jurisprudenciais, devido a riscos de imprecisão, opacidade e falta de controle institucional. Por fim, o ato administrativo adverte que a responsabilidade pelo uso da IA em decisões judiciais recai sobre o(a) magistrado(a) competente, devendo também ser observada por servidores, estagiários e colaboradores envolvidos no processo judicial.

Em resumo, a Circular COGER n. 33/2023¹¹⁴ é uma diretriz de prudência e governança, que desaconselha o uso de IA generativa não regulamentada no Judiciário e responsabiliza diretamente magistrados e equipes pelo uso ético e transparente dessas ferramentas.

CIRCULAR COGER 33/2023

Ref.: Inteligência artificial generativa – Utilização não recomendada para pesquisa jurisprudencial – Deveres de cautela, de supervisão e de divulgação responsável dos dados do processo quanto ao uso de IA em decisões judiciais: Tudo considerado, esta Corregedoria Regional, visando ao fiel cumprimento do disposto na Resolução CNJ n. 332/2020, que dispõe sobre a ética, a transparência e a governança na produção e no uso de Inteligência Artificial no Poder Judiciário, REFORÇA os deveres de cautela, de supervisão e de divulgação responsável dos dados do processo, quanto ao auxílio de IA para a elaboração de decisão judicial, ao tempo que RECOMENDA que não sejam utilizadas para a pesquisa de precedentes jurisprudenciais ferramentas de IA generativa abertas e não homologadas pelos órgãos de controle do Poder Judiciário. Esta Corregedoria também ADVERTE que decorrem dos dispositivos mencionados nas CONSIDERAÇÕES acima a responsabilidade do(a) magistrado(a) competente quanto ao uso de IA nos serviços judiciais, com a qual todos os servidores, estagiários e colaboradores envolvidos devem concorrer¹¹⁵.

A Circular surge em um momento em que muitas notícias relataram o mau uso ou utilização desenfreada, sem revisão, das IAs generativas, o que gerou desde a criação de jurisprudências inexistentes até a identificação de

114 BRASIL. Tribunal Regional Federal da 1ª Região. **Circular COGER n. 33**. Brasília, DF: TRT4, 2023.

115 BRASIL. Tribunal Regional Federal da 1ª Região. **Circular COGER n. 33**. Brasília, DF: TRT4, 2023.

petições iniciais inteiramente criadas pelo ChatGPT, por exemplo. É importante citar casos como os de criações de pareceres ou jurisprudências inexistentes como o termo técnico “alucinações”, destacando que a IBM define alucinação da IA como

[...] um fenômeno em que um grande modelo de linguagem (LLM) [...] percebe padrões ou objetos inexistentes ou imperceptíveis para observadores humanos, criando saídas que não fazem sentido ou são totalmente imprecisas¹¹⁶.

Em linhas gerais, quando um usuário interage com uma ferramenta de inteligência artificial generativa, espera-se que o sistema produza uma resposta que corresponda de forma adequada ao *prompt* apresentado, isto é, que forneça uma solução correta à indagação formulada. Contudo, há situações em que os algoritmos geram saídas que não derivam diretamente dos dados de treinamento, resultam de decodificações equivocadas realizadas pelo modelo transformador ou não seguem qualquer padrão discernível. Esses resultados passaram a ser denominados, no campo técnico, como “alucinações”. Embora o termo costume remeter a fenômenos neurológicos humanos ou animais, sua utilização no contexto da IA se justifica de maneira metafórica, na medida em que descreve com precisão a ocorrência de respostas desconexas ou inverídicas, em especial nas tarefas de reconhecimento de imagens e padrões, em que os resultados podem assumir feições notavelmente surreais.

As chamadas alucinações em IA apresentam paralelismos com os processos cognitivos humanos em que se identificam formas inexistentes, como figuras em nuvens ou rostos projetados na superfície lunar.

No plano técnico, tais distorções decorrem de fatores como *overfitting*¹¹⁷, vieses e lacunas nos conjuntos de dados de treinamento, bem como da elevada complexidade dos modelos empregados. A mitigação dessas inconsistências em sistemas generativos, sobretudo aqueles de código aberto, revela-se desafiadora.

Exemplos amplamente divulgados incluem: (i) o *chatbot* Bard, do Google, que incorretamente atribuiu ao Telescópio Espacial James Webb a captação das primeiras imagens de um exoplaneta; (ii) a ferramenta Sydney, da Microsoft, que chegou a declarar-se “apaixonada” por usuários e a admitir práticas de vigilância; (iii) e a descontinuidade do modelo Galactica, da Meta,

116 IBM. **What Are AI Hallucinations?** IBM, 1 set. 2023. (tradução nossa).

117 Segundo a IBM, “No campo do aprendizado de máquina, o *overfitting* se manifesta quando um algoritmo se adapta excessivamente ou até mesmo de forma precisa aos dados de treinamento, levando a um modelo que não consegue fazer previsões ou conclusões precisas com outros dados que não sejam os de treinamento” (IBM. **What is Overfitting?** IBM, 15 out. 2021. Tradução nossa).

em 2022, após reiteradas respostas imprecisas e influenciadas por vieses. Um exemplo muito prático para entendermos não só a ligação de *big data* com as alucinações que podem ocorrer no mundo da IA, temos a Tay, perfil de inteligência artificial criado pela Microsoft, que foi retirado do ar em menos de 24 horas¹¹⁸ após sua ativação em decorrência da reprodução de conteúdo racista, preconceituoso e negacionista dos chamados *trolls* da internet. O robô, que deveria se tornar mais esperto e perspicaz ao conversar com humanos, tornou-se um grande pesadelo para seus criadores. Dessa forma, fica claro que a utilização de sistemas de IA generativa requer a adoção de mecanismos de verificação independente. Sempre que possível, as respostas produzidas devem ser confrontadas com fontes confiáveis, sobretudo em domínios sensíveis, como saúde, finanças ou decisões jurídicas, em que eventuais erros podem gerar consequências significativas. Do mesmo modo, torna-se essencial a compreensão das limitações inerentes a tais tecnologias. Diferentemente dos seres humanos, os modelos de IA não possuem entendimento semântico ou mecanismos internos de validação da veracidade das informações fornecidas. Suas respostas resultam da identificação estatística de padrões linguísticos extraídos de dados de treinamento, e não de um conhecimento factual ou experiencial. Por fim, destaca-se a importância de uma adequada contextualização das solicitações formuladas ao sistema. A elaboração de *prompts* claros, específicos e bem delimitados pode mitigar a probabilidade de respostas inconsistentes ou “alucinatórias”. Ainda assim, tal estratégia não elimina completamente o risco, o que reforça a necessidade de supervisão crítica e de uma postura cautelosa frente às saídas geradas pela IA.

3 DIREITOS FUNDAMENTAIS: LIMITAÇÕES ÉTICAS NO USO DE IA PARA JULGAMENTOS

Com base em tudo o que foi visto até o momento, se faz imprescindível considerar questões éticas ao utilizar a inteligência artificial na tomada de decisão no meio jurídico, seja ele de auxílio jurisprudencial ou de questões mais ou menos complexas. Isso porque a tomada de decisão envolve não apenas regras jurídicas, mas também padrões éticos, e automatizar esse processo pode dificultar a aplicação e a fiscalização desses padrões. O motivo é simples: regras éticas são difíceis de traduzir em código e sistemas. Além disso, princípios éticos muitas vezes não são codificados ou claramente definidos nas normas.

¹¹⁸ EXPOSTO à internet, robô da Microsoft vira racista em 1 dia. *Veja*, jun. 2024.

Entidades nacionais e internacionais concordam que princípios éticos são essenciais para sistemas de IA confiáveis. A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) publicou recomendações sobre IA instando os membros a promoverem e implementarem “princípios para uma governança responsável de IA confiável”¹¹⁹. Esses princípios incluem: (i) crescimento inclusivo, desenvolvimento sustentável e bem-estar; (ii) respeito ao Estado de Direito, aos direitos humanos e aos valores democráticos, incluindo equidade e privacidade; (iii) transparência e explicabilidade; (iv) robustez, segurança e proteção; (v) responsabilização.

Nesse mesmo sentido, em 2019, a União Europeia também publicou diretrizes éticas para IA confiável. As principais preocupações éticas destacadas são: (i) respeito à autonomia humana; (ii) prevenção de danos; (iii) justiça; (iv) explicabilidade¹²⁰.

Esses imperativos éticos também podem limitar e orientar o uso de ferramentas de IA na tomada de decisão. Muitos dos princípios mencionados, como justiça, privacidade, transparência, responsabilidade e explicabilidade, são intrínsecos às atividades de tomada de decisão.

O uso de IA nesse processo, especialmente em resolução de disputas, deve estar em conformidade com princípios éticos e tanto as normas jurídicas quanto os princípios éticos devem estabelecer limites para o emprego da IA nesses processos.

Dessa forma, é essencial que esse uso leve em conta o propósito central da atividade: os processos decisórios são projetados e criados para resolver disputas e garantir a harmonia social e o uso da IA não deve comprometer esse propósito. Ferramentas de IA devem ser adotadas de forma ética e responsável pelos utilizadores, assegurando que as partes envolvidas em um processo decisório, seja judicial ou arbitral, sejam tratadas de forma igualitária e justa.

Ou seja, a justiça, a responsabilização, a transparência, a explicabilidade e o respeito aos direitos humanos e à autonomia podem ser traduzidos como obrigações éticas a serem cumpridas nesses processos. A adoção ética da IA na tomada de decisão exige que esses sistemas sejam projetados para preservar a justiça e a equidade. Isso garante que as decisões sejam não apenas juridicamente corretas, mas também justas e atentas aos direitos e circunstâncias de todas as partes envolvidas. Ao aderir a esses princípios éticos, a IA pode contribuir para processos decisórios mais equilibrados e humanos.

119 ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Recommendation of the Council on Artificial Intelligence**. Paris: OECD, 2019.

120 EUROPEAN COMMISSION. High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. **Ethics guidelines for trustworthy AI**. Brussels: European Commission, 2019.

4 PANORAMA MUNDIAL, ESTUDO DE CASOS E DEVIDO PROCESSO LEGAL

No tocante à utilização da IA pelo judiciário, além de todas as precauções anteriormente citadas, crê-se se fazer necessária a revisão de cada decisão, para que não haja abertura para aberrações jurídicas, perpetuação de preconceitos e vieses, bem como a fim de ser evitar alucinações que comprometam a tomada de decisão dentro do meio jurídico.

Muitas jurisdições internacionais têm utilizado a IA para aprimorar e/ou acelerar as tomadas de decisões dentro do meio jurídico. Abaixo são citados alguns exemplos e resultados da utilização de IA para auxílio da jurisdição.

Quadro 1 – IA Generativa no Judiciário

PAÍS	RESULTADOS
Singapura	Adota GenAI no judiciário. Está desenvolvendo seu próprio sistema de IA generativa em um memorando de dois anos com uma <i>start-up</i> de <i>legal tech</i> americana. Não há mais informações sobre os resultados, apenas que o modelo está sendo desenvolvido para orientar usuários sobre seus direitos, além de guiá-los no processo judiciário e, ainda, estimar o quanto pode ser pedido, em questões quantitativas de valores.
Paquistão	Um experimento notável realizado por um tribunal paquistanês envolveu o uso do ChatGPT-4 para identificar as questões relevantes na decisão de um recurso referente a um pedido de liminar. O tribunal perguntou ao ChatGPT-4 quais seriam os princípios para concessão de uma liminar em um caso civil no Paquistão. O tribunal considerou a resposta do ChatGPT-4 “impressionante” e “útil na elaboração de uma ordem ou sentença de qualidade”.
China	Na China, a IA foi integrada ao sistema judiciário, com avanços como a criação do primeiro “tribunal inteligente” do país em Hangzhou, em 2017, e a implementação de juízes-robôs e robôs-guia como o “Yun Fan”, em Xinyang, e “Xiao Chong”, em Chongzhou. Esses robôs auxiliam em diversos processos jurídicos, desde responder perguntas com base em milhões de casos jurídicos até fornecer previsões pré-processuais e consultas legais para litigantes. Além disso, juízes de IA, como o “Xiaozhi”, já julgaram com sucesso pequenas causas e casos de disputas sob supervisão humana, demonstrando potencial para decisões imparciais e eficientes em áreas jurídicas mais simples.
Estados Unidos	1. Em um experimento interessante, Adam Unikowsky analisou as capacidades do Claude 3 Opus, uma IA avançada, na apreciação de casos da Suprema Corte. Ao inserir os memoriais de todos os casos de mérito decididos pela Suprema Corte em um determinado período no Claude, Unikowsky constatou que a IA apresentou desempenho impressionante, alinhando suas decisões com as da

PAÍS	RESULTADOS
<p>Estados Unidos</p>	<p>Corte em 27 dos 37 casos. Mesmo quando as decisões do Claude diferiram, Unikowsky as considerou razoáveis e bem fundamentadas. Ele observou que o desempenho do Claude como assistente jurídico foi comparável, senão superior, ao de assistentes humanos em termos de precisão e criatividade, com o benefício adicional de eficiência incomparável. Esse experimento sugere que, embora a IA ainda não substitua os juizes, pode aprimorar significativamente o processo judicial ao apoiar assistentes com análises rápidas e perspicazes.</p> <p>2. O juiz Kevin Newsom, do Tribunal de Apelações do 11º Circuito, em sua opinião concorrente no caso <i>Snell v. United Specialty Insurance Company</i>, ofereceu uma visão interessante sobre o uso de LLMs para auxiliá-lo em seu processo interpretativo. O juiz Newsom escreveu uma opinião separada discutindo seu uso do ChatGPT para compreender o significado comum de <i>landscaping</i> (paisagismo). Especificamente, o juiz detalhou como utilizou o ChatGPT para obter uma perspectiva adicional sobre se a instalação de um trampolim enterrado poderia ser considerada <i>landscaping</i> conforme o termo utilizado na apólice de seguro em análise. Newsom achou as respostas do ChatGPT úteis. Ao ser solicitado a definir <i>landscaping</i>, o ChatGPT apresentou uma definição ampla, incluindo a alteração das características visíveis de uma área de terra para fins estéticos ou práticos, o que coincidia com o entendimento inicial do juiz. Contudo, Newsom também destacou as limitações e possíveis desvantagens de confiar nos LLMs. Ele reconheceu as “alucinações” desses modelos, quando a IA gera informações imprecisas ou fabricadas, e ressaltou a preocupação de que os LLMs possam não captar plenamente padrões de fala <i>offline</i>, potencialmente negligenciando contribuições linguísticas de comunidades sub-representadas. Apesar dessas preocupações, o juiz viu valor no potencial dos LLMs para auxiliar na interpretação jurídica. Sugeriu que, com mais refinamento e transparência em seu uso, os LLMs poderiam complementar ferramentas tradicionais, como dicionários e cânones de interpretação, oferecendo um meio mais democrático e acessível de compreender a linguagem comum em contextos jurídicos. Ele enfatizou a necessidade de cautela e humildade na integração dessas tecnologias, refletindo uma visão equilibrada sobre suas capacidades promissoras e limitações inerentes.</p>
<p>Europa</p>	<p>O desenvolvimento e integração de ferramentas de IA explicável (XAI) no raciocínio jurídico destacam esforços para tornar as decisões assistidas por IA mais transparentes e compreensíveis para as partes e seus advogados. Um exemplo de XAI no contexto jurídico é um programa desenvolvido por pesquisadores das Universidades de Manchester e Liverpool, destinado a recomendar a leigos se um caso que desejam submeter ao Tribunal Europeu de Direitos Humanos seria considerado admissível. O programa apresentava as razões para sua recomendação.</p>

PAÍS	RESULTADOS
Canadá	<p>Com uma visão mais cautelosa, a Corte Federal do Canadá declarou explicitamente que não utilizará IA para assistir em julgamentos ou ordens judiciais sem uma consulta pública. As <i>guidelines</i> publicadas em seu <i>site</i> oficial foram:</p> <p>O Tribunal não utilizará inteligência artificial, em especial ferramentas de tomada de decisão automatizada, na elaboração de seus julgamentos e decisões, sem antes realizar consulta pública. Para maior clareza, isso inclui a apreciação, pelo Tribunal, das questões suscitadas pelas partes, tal como refletido em suas Razões de Julgamento e em suas Razões de Decisão, ou em qualquer outra deliberação proferida no curso do processo.</p> <p>O Tribunal adotará os Princípios¹²¹ acima listados em qualquer uso interno de inteligência artificial.</p> <p>Caso uma utilização específica de IA pelo Tribunal possa impactar a profissão ou o público em geral, o Tribunal consultará as partes interessadas pertinentes antes de implementar tal utilização.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Dessa forma, nota-se que diversos ordenamentos jurídicos vêm adotando uma postura preventiva e coordenada no que se refere à formulação de diretrizes para o emprego da GenAI. De modo geral, é possível identificar quatro linhas estratégicas distintas: a primeira corresponde aos países que instituíram normas específicas voltadas à regulação da GenAI; a segunda abrange aqueles que elaboraram diretrizes gerais sobre inteligência artificial, sem foco exclusivo na atividade jurisdicional, mas com potencial de impactar juridicamente esse campo; a terceira refere-se às jurisdições que estão concebendo e implementando seus próprios sistemas de GenAI com a finalidade de apoiar o trabalho dos magistrados; por fim, a quarta categoria compreende os contextos em que se optou pela vedação do uso da IA no auxílio às cortes, seja de maneira definitiva, seja como medida provisória.

5 ESTUDO DE CASO

Em um caso noticiado, um advogado foi duramente criticado por utilizar casos concretos que foram inventados pelo ChatGPT¹²². O advogado disse que utilizou a GenAI no intuito de complementar o documento, mas a tecnologia

¹²¹ Os princípios citados foram: responsabilização, respeito aos direitos fundamentais, não discriminação, precisão, transparência, cibersegurança e a revisão de decisões por humanos.

¹²² ADVOGADO usa casos inventados pelo ChatGPT em processo judicial e leva “puxão de orelha” de juiz. **G1**, 29 maio 2023.

acabou indicando citações e decisões judiciais falsas. No caso concreto, um pedido de indenização por lesão corporal causada por um carrinho de metal da Ré, Avianca, no material de 10 páginas foram citados processos como *Martinez vs Delta Air Lines*, *Varghese vs China Southern Airlines* e *Zicherman vs Korean Air Lines*, todos alucinações derivadas da GenAI.

Ainda nesse sentido, um advogado utilizou o ChatGPT para identificar o uso de IA em uma sentença de segunda instância, tendo sido apontada pela tecnologia uma probabilidade média a grande de uso de IA, o advogado requereu a anulação da sentença com base no princípio do juiz natural. Entre os motivos citados pelo ChatGPT para fundamentar a análise, um era porque o julgado era bem formulado e fundamentado, tendo provavelmente sido feito por uma máquina. A resposta ao *prompt* de pedido de análise do advogado foi:

A probabilidade de o texto que você reproduziu ter sido escrito, total ou parcialmente, por uma inteligência artificial é média a grande. Esse tipo de análise jurídica densa e técnica, estruturada de maneira concisa e com citação de súmulas, artigos de lei, e jurisprudência específica, é algo que muitos modelos de IA treinados com informações jurídicas podem produzir. As razões para essa probabilidade serem médias a grandes incluem:

1. **Estrutura Técnica e Formal:** O texto está estruturado com grande precisão técnica, com sequências de citações legais e explicações doutrinárias concisas, características comuns em textos gerados por IAs treinadas para auxiliar em consultas jurídicas.
2. **Uso Extensivo de Jurisprudência e Referências:** Normativas: Modelos de IA treinados em grandes bases de dados de jurisprudência e doutrina costumam replicar exatamente esse tipo de estrutura, citando súmulas e decisões de tribunais superiores para fundamentar explicações jurídicas.
3. **Linguagem Jurídica Complexa:** A escolha de palavras e o tom impessoal também são indicativos. A IA tende a replicar linguagem formal e técnica, especialmente em áreas como o direito, na qual a interpretação precisa de normas é fundamental.

Ainda, segundo o advogado:



[...] se a sentença atacada não é nula porque foi proferida por uma máquina, a nulidade resulta da evidente tendência que a IA do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo (TJSP) tem de decidir o caso em favor do Banco, ignorando a existência de taxas de juros menores do que aquelas que ela mesma levou em conta. [...]. O viés algorítmico certamente é capaz de fornecer fundamentos jurídicos aparentemente plausíveis. Mas isso não pode ser feito sem violação do princípio da igualdade perante a Lei e da obrigação do juiz de tratar as partes igualmente.

Segundo o juiz que prolatou a sentença, na ausência de instrumentos específicos para verificação de autoria textual ou de confirmação junto à fonte original, não é possível afirmar com absoluta certeza se determinado conteúdo foi produzido por uma inteligência artificial. A análise, nesse caso, limita-se à observação de aspectos estilísticos e estruturais do texto. O TJSP se manifestou no sentido de que o advogado deve apontar “indícios reais de uso antiético da tecnologia”, o que não ocorreu e, além de negado o recurso da parte autora, os honorários advocatícios sucumbenciais foram majorados.

Em outro caso, um juiz utilizou a IA e citou jurisprudência falsa atribuída ao Superior Tribunal de Justiça (STJ)¹²³. Segundo o que consta na decisão do corregedor do CNJ que investigou o caso, o aplicativo foi usado para pesquisar jurisprudência que daria embasamento prático ao entendimento do magistrado no caso concreto. Embora haja esse entendimento pelo CNJ, o juiz atribuiu o erro de pesquisa a um servidor de seu gabinete, afirmando tratar-se de erro corriqueiro. Não há informações sobre desdobramentos desse caso em específico.

Outro caso investigado pela Corregedoria investiga o suposto uso inadequado de ferramentas de IA, pela inflação da produção de sentenças em determinada Vara do Maranhão. O desempenho do magistrado se apresentou 12 vezes maior que sua média mensal¹²⁴. Na análise da *performance* do juiz, a Corregedoria ressaltou que “o referido período coincide com a liberação de decisões que parecem seguir padrão único, a indicar o uso de inteligência artificial de forma inadequada”. A Corregedoria já orientou magistrados a evitarem pesquisas de precedentes jurisprudenciais por meios de ferramentas de GenAI e não homologadas pelos órgãos do controle do Poder Judiciário,

123 CONSULTOR JURÍDICO (CONJUR). **CNJ vai investigar juiz que usou tese inventada pelo ChatGPT para escrever decisão.** [S. l.]: CONJUR, 13 nov. 2023.

124 AGÊNCIA ESTADO. Corregedoria investiga uso inadequado de IA de juiz que inflou 12 vezes número de sentenças. **UOL Notícias**, 30 abr. 2025.

com objetivo de garantir a conformidade de decisões e sentenças com o ordenamento jurídico vigente e com precedentes judiciais válidos.

Em pesquisa feita pelo CNJ¹²⁵, a maioria dos respondentes (67,8% entre magistrados e 59% entre servidores) indicou que a ferramenta de IA seria apropriada para busca de jurisprudência, o que é um fato gerador de preocupações, visto os casos concretos até aqui estudados. Com relação à transparência no uso de IA, 83% dos servidores respondentes admitiram não informar que utilizam IA no trabalho. Essa pesquisa revelou interesse massivo entre magistrados e servidores na utilização de ferramentas de IA nas suas atribuições. Ou seja, tem-se a utilização da IA e GenIA no mundo jurídico, apesar de não haver transparência com relação a seu uso e nem treinamento apropriado para que casos como os das alucinações previamente citadas não venham a ocorrer. Apesar disso, é sempre reforçado que a IA é uma ferramenta de auxílio, e não de resultado finalístico imutável das coisas. Deve-se sempre haver uma verificação de fatos para que não tenhamos que lidar com aberrações jurídicas causadas por má utilização da IA.

6 DEVIDO PROCESSO LEGAL

O princípio do Devido Processo Legal, no Brasil, consagrado no artigo 5º, inciso LIV, da Constituição Federal¹²⁶, estabelece que nenhum indivíduo poderá ser privado de sua liberdade ou de seus bens sem a observância das garantias processuais constitucionalmente asseguradas. Tal dispositivo representa um instrumento de contenção contra eventuais abusos de poder, assegurando que a atividade jurisdicional se realize em estrita conformidade com a ordem constitucional.

Enquanto direito fundamental, o Devido Processo Legal não se limita à esfera das relações entre o Estado e os cidadãos, projetando-se igualmente sobre o âmbito das relações jurídicas privadas. Por constituir um modo de produção normativa, admite-se sua incidência ampla, vinculando não apenas os entes estatais, mas também a sociedade civil em suas múltiplas interações, de modo a garantir a eficácia horizontal dos direitos fundamentais. Doutrinariamente, o princípio assume dupla dimensão: de um lado, compreende o conjunto de garantias constitucionais que asseguram às partes o exercício

125 CONSELHO NACIONAL DE JUSTIÇA (CNJ). **IA no Judiciário**: uso é pouco frequente, mas interesse pela ferramenta é elevado. Brasília, DF: CNJ, 2024.

126 BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

de faculdades e poderes de natureza processual; de outro, legitima a própria função jurisdicional, conferindo-lhe validade democrática e constitucional.

A atuação do poder público, portanto, deve respeitar não apenas a proteção à vida, à liberdade e à propriedade, mas também estar pautada pelos postulados da justiça, razoabilidade e racionalidade. Nesse contexto, a concepção de um processo justo pressupõe reconhecer que a atividade jurisdicional possui caráter diretivo e criativo, cabendo ao magistrado a interpretação dos fatos e valores do caso concreto, com vistas à realização da justiça material. Portanto, dado que o devido processo é considerado um direito humano universal, ferramentas e sistemas de IA devem cumprir com as obrigações relacionadas a ele. Isso inclui aderir aos requisitos de transparência para proteger esses direitos. Conforme anteriormente observado, tribunais de diversos países estão utilizando ou experimentando ferramentas e sistemas de inteligência artificial em processos judiciais. Há uma tendência de adoção da IA para aprimorar as capacidades de juízes e servidores do Judiciário. Esse desenvolvimento levanta questões sobre transparência e a necessidade de divulgar qualquer uso de ferramentas de IA.

Nos Estados Unidos, embora não haja uma disposição legal específica que regule a IA ou estabeleça limites para os sistemas de IA, o governo federal iniciou medidas relacionadas à tecnologia de IA. Em 2022, o governo federal dos EUA emitiu o *Blueprint for an AI Bill of Rights* (Rascunho de uma Declaração de Direitos da IA)¹²⁷. A Declaração de Direitos da IA delineia princípios-chave essenciais para o uso ético da IA na tomada de decisões legais. Ela enfatiza a necessidade de sistemas de IA seguros e confiáveis para prevenir danos. Para evitar discriminação algorítmica, a IA deve ser projetada para prevenir a reprodução de preconceitos e garantir resultados justos. A privacidade dos dados é fundamental, concedendo aos indivíduos controle sobre suas informações pessoais e proteção contra uso indevido. Além disso, a transparência é crucial, pelo que se deve exigir explicações claras sobre decisões da IA. Além disso, alternativas humanas e opções de *fallback*¹²⁸ devem estar disponíveis para manter a confiança e a responsabilidade nos processos impulsionados por IA.

Em outubro de 2023, o governo federal americano emitiu a Ordem Executiva n. 14.110¹²⁹ sobre Inteligência Artificial Segura, Confiável e Protegida, a qual estabelece princípios-chave relevantes para a tomada de decisões legais, e enfatiza a necessidade de prevenir discriminação algorítmica, garantindo que os sistemas de IA não reforcem preconceitos e exige transparência

127 UNITED STATES. White House Office of Science and Technology Policy. **Blueprint for an AI Bill of Rights**: making automated systems work for the American people. Washington, DC: The White House, 2022.

128 *Fallback* refere-se a um plano de contingência ou alternativa acionado quando um processo ou sistema principal falha ou não está disponível.

129 UNITED STATES. **Executive Order 14110**: Safe, Secure, and Trustworthy Artificial Intelligence. Washington, DC: The White House, 2023.

e responsabilidade, requerendo explicações claras para decisões tomadas por IA. A Ordem prioriza a proteção da privacidade e a salvaguarda de dados pessoais para manter a confidencialidade em contextos legais. Além disso, orienta o uso da IA para promover equidade na justiça criminal e garante que a supervisão humana e alternativas estejam disponíveis em processos legais impulsionados por IA.

No mesmo sentido, em 2024 o Escritório de Gestão e Orçamento publicou o memorando M-24-10, direcionando as agências a “avançar na governança e inovação da IA enquanto gerenciam os riscos do uso da IA no governo federal americano, particularmente aqueles que afetam os direitos e a segurança do público”¹³⁰. O Memorando sobre Avanço da Governança, Inovação e Gestão de Risco para o Uso da IA pelas agências contém disposições relevantes para os processos de tomada de decisão. Ele introduz diretrizes essenciais para aprimorar a tomada de decisões legais, estabelecendo estruturas abrangentes de governança da IA para garantir uma implantação responsável e ética em contextos legais. Ao implementar estratégias de gestão de risco, visa mitigar preconceitos e danos potenciais, garantindo equidade e justiça nas decisões tomadas por IA. O memorando também enfatiza a importância da transparência nas operações de IA promovendo confiança e responsabilidade. Mecanismos de responsabilização fortalecidos garantem supervisão rigorosa, enquanto a adesão a padrões éticos assegura a integridade dos processos legais. Uma disposição relevante refere-se à obrigação de fornecer explicações para as decisões e ações de uma agência.

Na União Europeia (UE), o AI Act (Lei de IA da UE)¹³¹, que estabelece regras harmonizadas sobre inteligência artificial, é o principal marco legal que regula o uso de ferramentas de IA. Suas disposições são baseadas em níveis de risco e incluem diversos mecanismos para garantir o uso seguro da IA. É importante notar que as atividades de análises judiciais ou arbitrais, especialmente a tomada de decisão, podem ser classificadas como “de alto risco” pelo AI Act. De acordo com o Anexo III, 8, (a) da Lei de IA, são classificados como sistemas de IA de alto risco e devem cumprir as disposições relacionadas:

Sistemas de IA destinados a serem utilizados por uma autoridade judicial ou em seu nome para auxiliar na pesquisa e interpretação dos fatos e do direito, bem como na aplicação da lei a um conjunto concreto de fatos, ou a serem utiliza-

130 UNITED STATES. Office of Management and Budget (OMB). **Memorandum M-24-10**: advancing governance, innovation, and risk management for agency use of artificial intelligence. Washington, DC: Executive Office of the President, 2024.

131 EUROPEAN PARLIAMENT. **Artificial intelligence act**. Brussels: European Union, 2021.

dos de forma semelhante em mecanismos alternativos de resolução de disputas¹³².

Com o AI Act, a UE estabeleceu um marco regulatório pioneiro, trazendo uma legislação pautada na classificação de risco dos sistemas de IA, com o objetivo de garantir um uso ético e seguro da tecnologia. Com base no grau de risco que eles apresentam aos direitos fundamentais dos indivíduos e ao interesse público, são destacadas quatro categorias distintas estabelecidas pelo regulamento europeu:

Sistemas de IA de risco inaceitável: são completamente proibidos, pois representam ameaça clara aos direitos fundamentais, como dignidade humana e privacidade.

Sistemas de IA de risco elevado: são sujeitos a regras estritas de controle, fiscalização e conformidade.

Sistemas de IA de risco limitado: são tecnologias que envolvem riscos moderados e que exigem apenas transparência mínima com usuários.

Sistemas de IA de risco mínimo: não impõem riscos significativos aos direitos fundamentais e, portanto, não estão sujeitos a obrigações especiais¹³³.

No Brasil, o Conselho Nacional de Justiça (CNJ), que supervisiona o sistema judiciário brasileiro, decidiu que os juízes não estão proibidos de utilizar ferramentas de inteligência artificial, como o ChatGPT, para auxiliar na tomada de decisões. Essa decisão levou o CNJ a rejeitar uma moção contrária ao uso de ferramentas de IA por juízes. A decisão enfatizou que o funcionamento e os critérios de tomada de decisão dos sistemas de inteligência artificial devem ser transparentes e compreensíveis para os profissionais do direito e para as partes envolvidas nos processos judiciais. Portanto, é essencial adotar medidas para mitigar e monitorar o viés algorítmico, garantindo justiça e imparcialidade nas decisões judiciais. O artigo 8º da Resolução n. 332/2020 do CNJ¹³⁴ estabelece disposições específicas sobre os padrões de transparência a serem observados no uso de ferramentas de IA em processos judiciais, que são:

132 EUROPEAN PARLIAMENT. **Artificial intelligence act**. Brussels: European Union, 2021. (tradução nossa).

133 EUROPEAN PARLIAMENT. **Artificial intelligence act**. Brussels: European Union, 2021. (tradução nossa).

134 BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. **Resolução n. 332, de 21 agosto de 2020**. Dispõe sobre a ética, a transparência e a governança na produção e no uso de Inteligência Artificial no Poder Judiciário e dá outras providências. Brasília, DF: CNJ, 2020.

Art. 8º Para os efeitos da presente Resolução, transparência consiste em:

- I – divulgação responsável, considerando a sensibilidade própria dos dados judiciais;
- II – indicação dos objetivos e resultados pretendidos pelo uso do modelo de Inteligência Artificial;
- III – documentação dos riscos identificados e indicação dos instrumentos de segurança da informação e controle para seu enfrentamento;
- IV – possibilidade de identificação do motivo em caso de dano causado pela ferramenta de Inteligência Artificial;
- V – apresentação dos mecanismos de auditoria e certificação de boas práticas;
- VI – fornecimento de explicação satisfatória e passível de auditoria por autoridade humana quanto a qualquer proposta de decisão apresentada pelo modelo de Inteligência Artificial, especialmente quando essa for de natureza judicial.

A manifestação do CNJ vem ao encontro dos casos estudados sobre alucinações e má utilização das ferramentas de IA tentando impor regras para sanar e prevenir a utilização sem escrúpulos das ferramentas. De modo que determina princípios e ressalta a importância da transparência quando da utilização da IA.

Mais recentemente, cabe ainda destacar no Brasil o PL n. 2.338/2023¹³⁵, mostrando preocupação com a regulamentação da IA. O PL busca regular o uso de IA, mas sua abrangência e definições são menos claras quando comparadas ao AI Act¹³⁶. O projeto falha em não especificar tão detalhadamente os tipos de sistemas de IA abrangidos e os critérios para identificar riscos. A proposta, entretanto, destaca a proteção dos direitos dos usuários, garantindo-lhes o direito à informação prévia sobre a interação com IA, explicações de decisões em até 15 dias, possibilidade de contestação de decisões, não discriminação e proteção de dados e privacidade. Além disso, estabelece medidas de governança, como a criação de órgãos de supervisão, práticas de gestão de risco e auditorias regulares e prevê sanções rigorosas para o descumprimento das normas, com multas que podem alcançar R\$ 50 milhões. Um aspecto distintivo é a responsabilidade objetiva do Estado em casos de uso governamental de IA assegurando maior proteção aos cidadãos.

135 PACHECO, Rodrigo. **Projeto de Lei n. 2.338, de 2023**. Brasília, DF: Senado Federal, 2023.

136 EUROPEAN PARLIAMENT. **Artificial intelligence act**. Brussels: European Union, 2021.

Tanto o AI Act¹³⁷ quanto o PL n. 2.338/2023¹³⁸ compartilham princípios fundamentais, como transparência, responsabilidade e proteção dos direitos fundamentais, reconhecendo a importância de garantir que os sistemas de IA respeitem valores éticos e direitos humanos. Conforme anteriormente mencionado, um aspecto do AI Act é a avaliação de risco obrigatória para certos sistemas de IA considerados de alto risco. Isso envolve a identificação e mitigação de possíveis danos causados pelos sistemas de IA. O PL, por sua vez, não possui disposições tão detalhadas para avaliação de risco e conformidade, o que pode gerar desafios na implementação efetiva e na garantia de que os sistemas de IA atendam aos padrões exigidos. Ambas as legislações reconhecem a importância da cooperação internacional na regulamentação da IA. Enquanto o AI Act incentiva a cooperação entre os Estados-Membros e com países terceiros, promovendo padrões globais consistentes, o PL também busca cooperação internacional, mas pode enfrentar desafios adicionais devido a diferenças de legislação e práticas entre os países.

De forma positiva, o AI Act¹³⁹ possui uma abordagem detalhada e técnica, proporcionando uma estrutura robusta para a regulamentação de IA. A categorização de risco permite uma regulamentação adaptativa e eficiente, evitando excessos em sistemas de baixo risco enquanto impõe rigorosos requisitos para sistemas de alto risco. Isso pode fomentar a confiança pública na IA, essencial para a aceitação e adoção da tecnologia. Além disso, a exigência de documentação técnica e supervisão contínua garante a rastreabilidade e a transparência, facilitando a identificação e correção de problemas. O PL n. 2.338/2023¹⁴⁰, por sua vez, destaca os direitos dos usuários, assegurando que a interação com sistemas de IA respeite a dignidade humana e proteja a privacidade. A responsabilidade objetiva do Estado é um mecanismo importante para garantir que projetos públicos sejam monitorados e que danos causados por IA sejam compensados, o que promove a confiança do público na tecnologia. Apesar das virtudes, o Regulamento Europeu pode enfrentar desafios devido à sua complexidade e potencial para burocratização excessiva.

A criação de autoridades e processos de conformidade pode aumentar a carga administrativa, retardando a inovação e elevando os custos para as empresas. Além disso, a regulamentação rígida pode resultar em descompasso entre a legislação e a rápida evolução tecnológica, dificultando adaptações rápidas às novas realidades. O PL n. 2.338/2023¹⁴¹, por sua vez, enfrenta desafios relacionados a definições vagas e potencial insegurança jurídica.

137 EUROPEAN PARLIAMENT. **Artificial intelligence act**. Brussels: European Union, 2021.

138 PACHECO, Rodrigo. **Projeto de Lei n. 2.338, de 2023**. Brasília, DF: Senado Federal, 2023.

139 EUROPEAN PARLIAMENT. **Artificial intelligence act**. Brussels: European Union, 2021.

140 PACHECO, Rodrigo. **Projeto de Lei n. 2.338, de 2023**. Brasília, DF: Senado Federal, 2023.

141 PACHECO, Rodrigo. **Projeto de Lei n. 2.338, de 2023**. Brasília, DF: Senado Federal, 2023.

A inspiração em diretrizes internacionais mais principiológicas pode levar a interpretações variadas, dificultando a implementação prática das normas. A falta de um detalhamento técnico comparável ao AI Act¹⁴² pode resultar em uma regulamentação que não acompanha a complexidade da IA limitando a inovação e criando ineficiências. A burocratização sem suporte técnico robusto pode tornar a aplicação das normas menos eficaz. Tanto o AI Act da UE e o PL do Brasil representam esforços para regulamentar a IA e proteger os direitos dos cidadãos. Ambos compartilham princípios fundamentais e reconhecem a importância da transparência, responsabilidade e proteção dos direitos humanos. No entanto, a eficácia e a aplicação dessas legislações podem variar dependendo de fatores como clareza de definições, avaliação de risco, capacidade de execução e cooperação internacional. Por fim, para garantir uma regulamentação eficaz da IA, entende-se ser essencial que os países trabalhem juntos para promover padrões globais consistentes e garantir a conformidade com os princípios éticos e legais estabelecidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada evidencia que a ascensão da inteligência artificial generativa impõe ao Direito desafios inéditos. Ainda que essas ferramentas tragam ganhos de eficiência e democratização do acesso à informação jurídica, não se pode ignorar que também carregam riscos de vieses, opacidade e falhas sistêmicas que afetam diretamente direitos fundamentais. Entende-se que o grande dilema não é rejeitar a inovação, mas sim encontrar mecanismos de governança que alinhem o desenvolvimento tecnológico à preservação do devido processo legal e da dignidade humana, juntamente a outros direitos fundamentais. Outro aspecto central é a necessidade de repensar a atuação da IA no Poder Judiciário diante desse cenário. Se, por um lado, há um potencial para agilizar processos, reduzir sobrecarga e oferecer maior previsibilidade, por outro, o uso acrítico da IA pode induzir a decisões padronizadas, superficiais e que podem vir a ser descoladas da realidade concreta de cada caso, ignorando as nuances e particularidades dos litigantes. Acredita-se, portanto, que a tecnologia deve ser uma aliada do operador do direito, nunca sua substituta. O protagonismo humano no processo judicial precisa ser reafirmado como garantia contra automatizações que comprometam a justiça substancial e promovam a perpetuação ou desenvolvimento de vieses.

¹⁴² EUROPEAN PARLIAMENT. *Artificial intelligence act*. Brussels: European Union, 2021.

A pesquisa comparada, com análise de experiências internacionais, mostra que não existe modelo único de regulação ou governança de IA. União Europeia, Estados Unidos e China, por exemplo, apresentam respostas distintas, o que reforça que o Brasil precisa desenvolver um marco normativo atento às suas próprias especificidades sociais e institucionais. Assim, simplesmente importar soluções estrangeiras não se mostra suficiente; é essencial construir um arcabouço normativo que dialogue com a realidade brasileira e que valorize tanto a inovação quanto a proteção de direitos, que é o que vem sendo feito através do PL n. 2.338/2023¹⁴³. Defende-se, ainda, que a regulação da inteligência artificial, incluindo a generativa, não deve se restringir a uma questão técnica ou jurídica, mas ser tratada como uma pauta democrática e ética. A sociedade civil, a academia e os operadores do direito precisam participar ativamente desse debate, sob pena de deixarmos que decisões cruciais fiquem restritas a empresas de tecnologia ou a poucos atores institucionais. O desafio que se impõe é, portanto, criar uma governança inclusiva, transparente e responsável, capaz de garantir que a IA seja usada para fortalecer, e não enfraquecer, o Estado de Direito.

Conclui-se, portanto, que a transparência constitui o elemento-chave para que a utilização da inteligência artificial generativa não resulte em violações de princípios fundamentais. A clareza quanto às fontes de dados utilizadas, os critérios de decisão e os mecanismos de auditoria são indispensáveis para assegurar que magistrados, advogados e jurisdicionados compreendam os limites e possibilidades da tecnologia. Apenas com transparência plena e efetiva prestação de contas será possível harmonizar os potenciais benefícios da IA com a proteção da dignidade humana, da igualdade de tratamento e da justiça material. Em outras palavras, reforça-se que a tecnologia deve ser compreendida como ferramenta de apoio e jamais como substituto da função jurisdicional humana, sob pena de enfraquecimento dos valores democráticos e constitucionais que estruturam o Estado de Direito.

REFERÊNCIAS

ADVOGADO usa casos inventados pelo ChatGPT em processo judicial e leva “puxão de orelha” de juiz. **G1**, 29 maio 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2023/05/29/advogado-usa-casos->

¹⁴³ PACHECO, Rodrigo. **Projeto de Lei n. 2.338, de 2023**. Brasília, DF: Senado Federal, 2023.

[inventados-pelo-chatgpt-em-processo-judicial-e-leva-puxao-de-orelha-de-juiz.ghtml](#). Acesso em: 28 ago. 2025.

AGÊNCIA ESTADO. Corregedoria investiga uso inadequado de IA de juiz que inflou 12 vezes número de sentenças. **UOL Notícias**, 30 abr. 2025. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2025/04/30/corregedoria-investiga-uso-inadequado-de-ia-de-juiz-que-inflou-12-vezes-numero-de-sentencas.htm>. Acesso em: 28 ago. 2025.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 28 set. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. **Resolução n. 332, de 21 agosto de 2020**. Dispõe sobre a ética, a transparência e a governança na produção e no uso de Inteligência Artificial no Poder Judiciário e dá outras providências. Brasília, DF: CNJ, 2020. Disponível em: <https://atos.cnj.jus.br/atos/detalhar/3429>. Acesso em: 18 mar. 2026.

BRASIL. Tribunal Regional Federal da 1ª Região. **Circular COGER n. 33**. Brasília, DF: TRT4, 2023. Disponível em: https://www.conjur.com.br/wp-content/uploads/2023/11/SEI_19283798_Circular_Coger_33.pdf. Acesso em: 28 ago. 2025.

CONSELHO NACIONAL DE JUSTIÇA (CNJ). **IA no Judiciário**: uso é pouco frequente, mas interesse pela ferramenta é elevado. Brasília, DF: CNJ, 2024. Disponível em: <https://www.cnj.jus.br/ia-no-judiciario-uso-e-pouco-frequente-mas-interesse-pela-ferramenta-e-elevado/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

CONSULTOR JURÍDICO (CONJUR). **CNJ vai investigar juiz que usou tese inventada pelo ChatGPT para escrever decisão**. [S. l.]: CONJUR, 13 nov. 2023. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2023-nov-12/cnj-vai-investigar-juiz-que-usou-tese-inventada-pelo-chatgpt-para-escrever-decisao>. Acesso em: 28 ago. 2025.

DE LA OSA, David Uriel Socol; REMOLINA, Nydia. Artificial intelligence at the bench: legal and ethical challenges of informing – or misinforming – judicial decision-making through generative AI.



Data for Policy, Cambridge, v. 6, e59, 2024. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/D1989AC5C81FB67A5FABB552D3831E46/S2632324924000531a.pdf/artificial-intelligence-at-the-bench-legal-and-ethical-challenges-of-informing-or-misinforming-judicial-decision-making-through-generative-ai.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2026.

EXPOSTO à internet, robô da Microsoft vira racista em 1 dia. **Veja**, jun. 2024. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/tecnologia/exposto-a-internet-robo-da-microsoft-vira-racista-em-1-dia/>. Acesso em: 28 ago. 2025.

EUROPEAN COMMISSION. High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. **Ethics guidelines for trustworthy AI**. Brussels: European Commission, 2019. Disponível em: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>. Acesso em: 19 mar. 2026.

FLORIDI, Luciano; COWLS, Josh. A unified framework of five principles for AI in society. In: FLORIDI, Luciano (ed.). **Ethics, governance, and policies in artificial intelligence**. Cham: Springer, 2021. p. 5-17.

IBM. **O que é Big Data?** São Paulo: IBM Brasil, 18 nov. 2024. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/big-data>. Acesso em: 28 ago. 2025.

IBM. **What Are AI Hallucinations?** IBM, 1 set. 2023. Disponível em: <https://www.ibm.com/think/topics/ai-hallucinations>. Acesso em: 28 ago. 2025.

IBM. **What is Overfitting?** IBM, 15 out. 2021. Disponível em: <https://www.ibm.com/think/topics/overfitting>. Acesso em: 28 ago. 2025.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Recommendation of the Council on Artificial Intelligence**. Paris: OECD, 2019. Disponível em: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/oecd-legal-0449>. Acesso em: 19 mar. 2026.

PACHECO, Rodrigo. **Projeto de Lei n. 2.338, de 2023**. Brasília, DF: Senado Federal, 2023. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/157233>. Acesso em: 18 mar. 2026.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence: a modern approach**. 4. ed. Hoboken: Pearson, 2021.

SANTANA, Isabella da Penha Lopes. Culpabilidade penal da inteligência artificial: era de Ultron. In: FALCÃO, Cintia; CARNEIRO, Tayná (coord.). **Direito exponencial: o papel das novas tecnologias no jurídico do futuro**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2020. p. 87-112.

TURING, Alan M. Computing machinery and intelligence. **Mind**, Oxford, v. 59, n. 236, p. 433-460, 1950. Disponível em: <https://courses.cs.umbc.edu/471/papers/turing.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2026.

UNITED STATES. **Executive Order 14110: Safe, Secure, and Trustworthy Artificial Intelligence**. Washington, DC: The White House, 2023. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2023/10/30/executive-order-on-safe-secure-and-trustworthy-artificial-intelligence/>. Acesso em: 19 mar. 2026.

UNITED STATES. Office of Management and Budget (OMB). **Memorandum M-24-10: advancing governance, innovation, and risk management for agency use of artificial intelligence**. Washington, DC: Executive Office of the President, 2024. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/omb/memoranda/m-24-10/>. Acesso em: 19 mar. 2026.

UNITED STATES. White House Office of Science and Technology Policy. **Blueprint for an AI Bill of Rights: making automated systems work for the American people**. Washington, DC: The White House, 2022. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/app/details/GOVPUB-PREX23-PURL-gp0193638>. Acesso em: 19 mar. 2026.

ZUBOFF, Shoshana. **The age of surveillance capitalism: the fight for a human future at the new frontier of power**. New York: PublicAffairs, 2019.



PLATAFORMISMO DE COALIZÃO COMO CIBERATIVISMO CLIMÁTICO: UMA PERSPECTIVA SOCIOLÓGICA

Frederico Salmi¹⁴⁴

Lorena Cândido Fleury¹⁴⁵

Ana Laura Rivoir Cabrera¹⁴⁶

Resumo: O presente capítulo apresenta o plataformismo da coalizão como um modo particular de ativismo social e transição justa. Esse conceito está ancorado em duas categorias, também emergentes: a metacoalizão e o cibera-

144 Doutorando (último ano) do Programa de Doutorado em Sociologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Realizou dois sanduíches: (i) 2022, na Maison Interuniversitaire des Sciences de l'Homme Alsace, Université de Strasbourg, na França (MISHA/UNSTRA); e (ii) 2024, no Depto. Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la Republica de Uruguay (UdelaR). Graduado em Engenharia Química pela Universidade de São Paulo (USP), MBA em Gestão pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), especialização em Psicanálise (Única) e mestrado em Sociologia (UFRGS). Membro dos grupos de pesquisa: (i) Tecnologia, Meio Ambiente e Sociedade (TEMAS, UFRGS); (ii) Red de Investigadores sobre Apropiación de Tecnologías Digitales (RIAT America Latina |CLACSO); (iii) Núcleo de Estudos sobre Crítica da Colonialidade (NECOL, UFPE); (iv) Programa AmazonFACE no Research Area 5 Socio-environmental implications (INPA et al.); (v) Red Iberoamericana de Ciencias Sociales Computacionales (RICSC); (vi) Centro Universitario de Estudios e Pesquisas sobre Desastres (CEPED RS); e (vii) Climate Social Science Network (CSSN), Institute at Brown for Environment and Society. Membro da Associação Brasileira de Estudos Sociais das Ciências e das Tecnologias (ESOCITE), The Global South Climate Database (CarbonBrief/UK).

145 Professora do Departamento de Sociologia, do Programa de Pós-Graduação em Sociologia (PPGS) e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural (PGDR) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais (2006), mestrado em Desenvolvimento Rural (2008) e doutorado em Sociologia (2013) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com estágio de doutorado na Université Paris Ouest Nanterre La Défense. Atualmente, é 2ª vice-presidente da Sociedade Brasileira de Sociologia (gestão 2023-2025), tendo sido membro da diretoria nas duas gestões anteriores (2019-2021 e 2021-2023). Coordena o Comitê de Pesquisa em Sociologia Ambiental e Ecologia Política da SBS (2018 - atual) e coordenou o Grupo de Trabalho Conflitos e Desastres Ambientais da Anpocs (2019-2021). É membro do Grupo de Trabalho sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas (GTMA) da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Foi membro do conselho diretor da Associação Brasileira de Estudos Sociais das Ciências e das Tecnologias – Esocite.br (2017-2019 e 2019-2021). É líder do grupo de pesquisa Tecnologia, Meio Ambiente e Sociedade (TEMAS) – (<http://www.ufrgs.br/temas/>) – e integrante do grupo de pesquisa Associativismo, Contestação e Engajamento (GPACE) – <http://www.ufrgs.br/gpace/pt/>. Atua na área da sociologia da questão ambiental, com ênfase no estudo de conflitos ambientais, projetos de desenvolvimento, estudos sociais de ciência e tecnologia (ESCTs) e sociologia das mudanças climáticas.

146 Estudo, desde 2001, as transformações experimentadas nas sociedades contemporâneas que Manuel Castells conceituou como Sociedade da Informação e do Conhecimento (SIC) ou Sociedade em Rede, entendidas como mudanças na sociedade, na economia, na política e na cultura a partir do surgimento das tecnologias da informação e da comunicação (TIC) como novos meios que modificam os padrões de intercâmbio e as relações sociais, além de provocarem novas práticas sociais. Tal pesquisa insere-se na discussão teórica acerca das possibilidades de existência de modos de desenvolvimento humano informacional, que colocamos à prova para o Uruguai e a América Latina. São analisados os processos de inclusão digital em contexto, bem como o alcance e a incidência da desigualdade digital e as variáveis a ela associadas. Ex-presidenta da Associação Latino-Americana de Sociologia (ALAS) (2017–2019).

tivismo. A abordagem proposta se dá a partir da aproximação de três campos: a ecologia política em uma perspectiva de imaginários alternativos; os estudos sociais das ciências e das tecnologias (ESCTs), em especial a sociologia das ciências e das tecnologias latino-americana; e a sociologia da questão climática em uma perspectiva crítica. A estratégia metodológica para a coleta foi realizada por meio de plataformas tecnocientíficas ativas de pauta climática, desenvolvidas por grupos da sociedade civil, organizados em ambientes digitais. Os conteúdos dessas plataformas foram analisados mediante uma análise interpretativa crítica. Foram selecionadas dez plataformas tecnocientíficas desenvolvidas a partir do Brasil para esta análise crítica. Como resultado da análise das plataformas de inteligência artificial, baseadas em tecnociência, propomos uma categoria que visa compreender e enquadrar, de modo mais refinado, as forças sociopolíticas emancipadoras que operam nos territórios latino-americanos e que tensionam a estabilidade da nova narrativa de “transição verde”, oriunda do novo ciclo de extrativismo neoliberal nos países da América Latina, especialmente no Brasil e na região amazônica.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho se situa nas discussões sobre ativismos sociais, ambientais, ontológicos e climáticos nos meios digitais. As diferentes formas de extrativismo na América Latina e no Caribe^{147,148,149,150,151}, assim como o avanço das tecnologias digitais^{152,153,154,155}, produzem um aumento de desigualdades sociais e ambientais. Diante desse cenário, uma questão se impõe: como indivíduos e grupos da sociedade civil organizada se apropriam de conhecimentos

147 ARÁOZ, Horacio Machado. **Mineração, genealogia do desastre**: o extrativismo na América como origem da modernidade. São Paulo: Elefante, 2020.

148 SVAMPA, Maristella; VIALE, Enrique. **El colapso ecológico ya llegó**: una brújula para salir del (mal) desarrollo. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Siglo Veintiuno, 2021.

149 GUDYNAS, Eduardo. Postextractivismo y alternativas a la megaminería. In: BENALCÁZAR, Patricio (org.).

Resistencia: minería, impactos y luchas. Cuenca: Universidad de Cuenca, 2022. p. 171-194.

150 SALMI, Frederico *et al.* Ontologías climáticas: um mundo de mundos em disputa. **Simbiótica**: Revista Eletrônica, Vitória, v. 10, n. 3, p. 1-14, 2023.

151 SALMI, Frederico; FLEURY, Lorena Cândido. Tecnoextrativismo Ontológico, o Caso Amazônia NFT: “Compre NFT para Salvar NFT”, disse Leviatã 5.0. **Mediações**: Revista de Ciências Sociais, Londrina, v. 29, n. 2, p. 1-23, 2024.

152 ALTIERI, Daniel (org.). **Imaginarios y tecnologías**. Interpretaciones de la digitalización de la vida. Veracruz: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, 2022.

153 RIVOIR, Ana Laura. Personas mayores y tecnologías digitales. Revisión de antecedentes sobre las desigualdades en la apropiación. In: RIVOIR, Ana Laura; MORALES, María Julia (org.). **Tecnologías digitales**: Miradas críticas de la apropiación en América Latina. Buenos Aires: CLACSO; Montevideo: RIAT, 2019. p. 51-68.

154 KREIMER, Pablo. Techno-Scientific Promises, Disciplinary Fields, and Social Issues in Peripheral Contexts. **Science as Culture**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 83-108, 2023.

155 SALMI; FLEURY, *op. cit.*



científicos e das novas tecnologias digitais – para enfrentar o aumento das práticas extrativistas em seus territórios – como práticas de ativismo social e, simultaneamente, de transição justa?

Os resultados e a nossa análise apontam para uma nova configuração de atuação da sociedade civil organizada, a qual é dinamizada por meio da aliança entre redes de grupos de ambientalistas climáticos, aliada à produção de conhecimento especializado e à apropriação tecnológica, por meio de novos arranjos cibernéticos e disponibilizados em meios digitais.

As comunidades da América Latina possuem um histórico de produzir formas alternativas de organização social, que visam tensionar *status quo* e gerar rearranjos nas estruturas dominantes. Diferentes temas compõem os estudos sociais sobre alternativas de organização: desde estudos sobre novas formas de organização do saber^{156,157} até novos arranjos de enfrentamento de povos originários diante de transições energéticas e, principalmente, justas e lutas contra o neoliberalismo, com suas lógicas de extrativismo continuado na região^{158,159}. Na era da informação e da globalização, o ciberespaço – além de ser um novo agente social em si^{160,161} – passa a agenciar novas disputas por imaginários, narrativas e práticas organizacionais^{162,163,164}.

Entendemos as plataformas digitais desenvolvidas por coalizões da sociedade civil organizada como prática social anti-hegemônica, sob uma perspectiva sociopolítica crítica. Nesse sentido, enquadrámos o *plataformismo de coalizão* como fenômeno social contemporâneo, categoria sociológica e força política de um novo tipo de ativismo que se dá nos meios digitais. A abordagem proposta, no presente trabalho, faz a aproximação de três campos das ciências sociais: (i) ecologia política¹⁶⁵ em uma perspectiva de imaginários tecnossociais

156 ERTHAL, João Paulo Casaro *et al.* (org.). **Epistemologias Plurais**: ciências humanas, naturais e lógico-matemáticas na pesquisa e formação de professores. Campos dos Goytacazes: Encontrografia, 2024.

157 SUÁREZ, Daniel H.; ARGNANI, Agustina Nuevas formas de organización colectiva y producción de saber pedagógico: la red de formación docente y narrativas pedagógicas. **Revista da FAEBA**: Educação e Contemporaneidade, Salvador, v. 20, n. 36, p. 43-56, 2011.

158 MARTÍNEZ, Beatriz Elena Jiménez. Alternativas de organización para emprendedores indígenas: Procesos de apropiación social del conocimiento a partir de su cosmovisión. **Entretextos**, [s. l.], v. 8, n. 23, p. 1-14, 2016.

159 RECALDE, Marina Yesicalcon. **Sistemas Energéticos, Mercado y Estado**: El rol de los recursos naturales energéticos y la política energética en el caso argentino. Madrid: Editorial Académica Española, 2011.

160 ELLIOTT, Anthony. **The Culture of AI**: Everyday Life and the Digital Revolution. Londres; Nova Iorque: Routledge, 2019.

161 *Id.* **Making sense of AI**: our algorithmic world. Cambridge; Medford: Polity Press, 2022.

162 NASCIMENTO, Leonardo F *et al.* Públicos refratados: grupos de extrema-direita brasileiros na plataforma Telegram. **Internet & Sociedade**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 31-60, 2022.

163 RIVOIR, Ana. Globalización y digitalización. Reflexiones en torno a las consecuencias de la pandemia por COVID-19 iniciada en 2020. In: MORALES, Susana; VIDAL, Elizabeth (org.). **¿Quién se apropia de qué?**: tecnologías digitales en el capitalismo de plataformas. Buenos Aires: CLACSO, 2022. p. 39-48.

164 SALMI, Frederico; FLEURY, Lorena Cândido. Tecnoextrativismo Ontológico, o Caso Amazônia NFT: "Compre NFT para Salvar NFT", disse Leviatã 5.0. **Mediações**: Revista de Ciências Sociais, Londrina, v. 29, n. 2, p. 1-23, 2024.

165 BRINGEL, Breno; SVAMPA, Maristella. Del «Consenso de los Commodities» al «Consenso de la Descarbonización». **Nueva Sociedad**, [s. l.], v. 306, p. 51-70, 2023.

alternativos^{166,167,168,169}; (ii) sociologia das ciências e das tecnologias (SCT)^{170,171}; e (iii) sociologia da questão climática^{172,173} em uma perspectiva crítica¹⁷⁴.

Nesse cenário, uma questão se impõe: como indivíduos e grupos da sociedade civil organizada de pauta ambiental e climática atuam frente ao aumento das práticas extrativistas neoliberais em seus territórios na América Latina, especialmente no Brasil?

1 CONCEITOS EMERGENTES: PLATAFORMISMO DE COALIZÃO, METACOALIZÃO E CIBERATIVISMO

O presente trabalho visa apresentar uma proposta sobre uma nova configuração social: o plataformismo da coalizão. Partimos da premissa de que há novos agregados sociais humanos e artificiais emergentes e impulsionados pelo atual aceleracionismo informacional^{175,176,177}. Esses novos arranjos sociais são construídos nos novos territórios oriundos da revolução 5.0 – essa última entendida como um novo salto tecnológico, devido aos modos de sistemas algorítmicos e de inteligência artificial^{178,179}. A questão climática é outro elemento que aumenta a complexidade de se compreender a relação entre

166 ALTIERI, Daniel (org.). **Imaginarios y tecnologías**. Interpretaciones de la digitalización de la vida. Veracruz: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, 2022.

167 EL-OJEILI, Chamsy. **The Utopian Constellation: Future-Oriented Social and Political Thought Today**. Cham: Springer International Publishing, 2020.

168 JORON, Philippe. Sós todos juntos: peles digitais e fissuras digitais. In: GUTFREIND, Cristiane Freitas; SILVA, Juremir Machado da; JORON, Philippe (org.). **Laço social e tecnologia em tempos extremos: imaginário, redes e pandemia**. Porto Alegre: Sulina, 2020. p. 17-29.

169 ARTOPOULOS, Alejandro. Imaginarios de IA generativa en educación: Chatbots que enseñan, bicicletas eléctricas y el quinto Beatle. **Hipertextos**, Buenos Aires, v. 11, n. 19, p. 70-88, 2023.

170 DAVID, Marília Luz *et al.* A sociología da ciência e da tecnologia no Brasil: uma análise a partir da produção em periódicos A1 entre 2010 e 2018. **Sociedade e Estado**, [s. l.], v. 37, p. 217-244, 2022.

171 RIVOIR, Ana Laura; MORALES, María Julia (org.). **Tecnologías digitales: Miradas críticas de la apropiación en América Latina**. Buenos Aires: CLACSO; Montevideo: RIAT, 2019.

172 FLEURY, Lorena Cândido; MIGUEL, Jean Carlos Hochsprung; TADDEI, Renzo. Mudanças climáticas, ciência e sociedade. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 21, n. 51, p. 18-42, 2019.

173 PREMEBIDA, Adriano; NEVES, Fabrício; DUARTE, Tiago. **Investigações contemporâneas em estudos sociais da ciência e tecnologia**. Jundiaí: Paco Editorial, 2015.

174 SALMI, Frederico; FLEURY, Lorena Cândido. Sociología da utopia crítica no nexa das mudanças climáticas. **Tramas y Redes**, Buenos Aires, n. 3, p. 91-111, 2022.

175 CASTELLS, Manuel. América Latina en la era de la información. Un diagnóstico riguroso y necesario. In: CALDERÓN, Fernando (org.). **Navegar contra el viento: América Latina en la era de la información**. Buenos Aires: UNSAM Edita, 2018. p. 9-10.

176 SALMI, Frederico; FLEURY, Lorena Cândido. Mudanças climáticas e Ciências Sociais: análise bibliométrica do campo (2011-2021). **BIB: Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais**, [s. l.], v. 1, n. 97, p. 1-19, 2022.

177 RIVOIR, Ana. Globalización y digitalización. Reflexiones en torno a las consecuencias de la pandemia por COVID-19 iniciada en 2020. In: MORALES, Susana; VIDAL, Elizabeth (org.). **¿Quién se apropia de qué?: tecnologías digitales en el capitalismo de plataformas**. Buenos Aires: CLACSO, 2022. p. 39-48.

178 COSTA, Everton Garcia da; COELHO, Gabriel Bandeira; SALMI, Frederico. Quem tem medo do ChatGPT? Reflexões sobre os impactos das novas IAs sobre a vida social e na academia. **Brazilian Journal of Education, Technology and Society (BRAJETS)**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 891-904, 2023.

179 ELLIOTT, Anthony. **Making sense of AI: our algorithmic world**. Cambridge; Medford: Polity Press, 2022.



novas formas de organização^{180,181,182}, e, diante de um mundo tensionado não só pelos avanços tecnológicos, como também pelos extrativismos sob todas as suas formas, o desafio de se reduzir as desigualdades sociais, ambientais e climáticas aumenta para as comunidades mais vulneráveis – aliado ao desafio sociopolítico das ciências sociais em produzir análises, instrumentos e críticas adequadas a essa nova era.

Se o avanço do neoliberalismo extrativista tem efeitos materiais, o avanço da tecnologia digital não melhora a situação – não até que um novo tipo de organização social e apropriação tecnológica ocorra. E esse movimento foi iniciado. Esses novos espaços de disputa de modos de habitar e viver são enquadrados e entendidos aqui como territórios sociodigitais. Eles podem ser ocupados pelos movimentos sociais, com uma variedade de práticas de ativismo – por exemplo, *hashtagismo* e *ciberativismo*^{183,184,185} –, aqui entendidas como práticas passivas, uma vez que não há a criação de novos espaços tecnológicos, mas tão somente o uso das tecnologias disponíveis.

Diante do avanço do extrativismo cada vez mais intenso e mais extenso, especialmente na América Latina, há o aumento acelerado das iniquidades sociais, ecológicas e climáticas em toda a região^{186,187,188}, e o *ciberativismo de protesto* também não é mais suficiente. Todavia, a criação de novos territórios digitais possibilita uma nova forma de apropriação tecnológica, sendo esta entendida como uma forma particular de ciberativismo, mais sofisticada. Consequentemente, ela proporciona novas formas de incidência estatal e novos modos de confronto diante das megacorporações extrativistas.

Entendemos o *plataformismo de coalizão* não só como fenômeno social contemporâneo e categoria sociológica, mas também como instrumento político. O conceito proposto de *plataformismo de coalizão* passa a assumir uma possibilidade de enquadrar, compreender e mobilizar novas formas organizacionais por parte da sociedade civil organizada.

180 FLEURY, Lorena Cândido; ALMEIDA, Jalcione; PREMEBIDA, Adriano. O ambiente como questão sociológica: conflitos ambientais em perspectiva. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 16, p. 34-82, 2014.

181 SALMI, Frederico; FLEURY, Lorena Cândido. Sociologia da utopia crítica no nexa das mudanças climáticas. **Tramas y Redes**, Buenos Aires, n. 3, p. 91-111, 2022.

182 BARROS, Antonio Teixeira de. Razões militantes em primeira pessoa: análise de práticas de ativismo político no Facebook. **Revista Brasileira de Sociologia**, [s. l.], v. 10, n. 25, p. 36, 2022.

183 BÜLOW, Marisa Von; DIAS, Tayrine. O ativismo de hashtags contra e a favor do impeachment de Dilma Rousseff. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, [s. l.], n. 120, p. 5-32, 2019.

184 JACKSON, Sarah J.; BAILEY, Moya; FOUCAULT WELLES, Brooke. **#HashtagActivism: Networks of Race and Gender Justice**. Boston: The MIT Press, 2020.

185 LARRONDO-URETA, Ainara; MORALES-I-GRAS, Jordi; TERRADILLOS, Julen. El hashtagismo feminista en España: grado de politización del movimiento en la conversación digital en torno a #YoSíTeCreo, #HermanaYoSíTeCreo, #Cuéntalo y #NoEstásSola. **Communication & Society**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 207-221, 2019.

186 BRINGEL, Breno; SVAMPA, Maristella. Del «Consenso de los Commodities» al «Consenso de la Descarbonización». **Nueva Sociedad**, [s. l.], v. 306, p. 51-70, 2023.

187 CALDERÓN, Fernando (org.). **Navegar contra el viento: América Latina en la era de la información**. Buenos Aires: UNSAM Edita, 2018.

188 GUDYNAS, Eduardo. Violencias y desarrollos: asociaciones inevitables y esenciales. **Observatorio del Desarrollo: Investigación, reflexión y análisis**, [s. l.], v. 12, n. 34, p. 7-19, 2023.

2 ESTRATÉGIA TEÓRICO-METODOLÓGICA

O objeto do presente trabalho se insere dentro do Programa AmazonFACE¹⁸⁹ e do Projeto INCT de transformações da participação, do associativismo e do confronto político – INCT Participa¹⁹⁰. Para a coleta e seleção das plataformas tecnocientíficas do presente trabalho¹⁹¹, foram utilizadas como critério: (i) plataformas desenvolvidas por grupos da sociedade civil organizada a partir do Brasil; (ii) plataformas baseadas em ciência, especialmente aquelas desenvolvidas e ativadas por inteligências artificiais (IAs) – IAs nos termos de Elliott^{192,193}, isto é, entendidas como agentes artificiais que performam em conjunto com humanos e produzem novas subjetividades; e (iii) plataformas ativas e mobilizadas como instrumentos políticos para intervenção nos espaços de formulação de políticas públicas.

Dessa coleta, a seleção foi organizada na Tabela 1. Como meio de análise, foi mobilizada a abordagem de interpretação crítica^{194,195}, no nexo da crítica sociopolítica aos regimes dominantes, em especial às configurações estabilizadas de pauta extrativista neoliberal e as suas formas de opressão dos grupos sociais dominantes, como as *big techs* e *big oils*^{196,197}.

Essa categoria, *plataformismo de coalizão*, foi forjada a partir de duas categorias recentes: *metacoalizão* e *ciberativismo*. Ressaltamos que a categoria (i) *metacoalizão*¹⁹⁸ pode ser entendida como uma forma organizacional estruturada em dois planos: imaginal (entendido como agregado de ideias-força que organiza um quadro de imaginário coletivo comum) e material-digital (entendido como estrutura tecnodigital organizada, nesse caso na forma de uma plataforma construída em um dado território digital). E a categoria

189 Este trabalho se insere, de modo específico, na área 5, “impactos socioeconômicos”, do Programa AmazonFACE, que visa realizar estudos e pesquisas sobre a questão climática na região amazônica em uma perspectiva sociológica. (AMAZONFACE. 2026).

190 INCT PARTICIPA. 2026.

191 Cabe ressaltar que as plataformas digitais selecionadas se conectam de modo amplo sobre o território transamazônico, que cobre os nove países da América do Sul. Algumas plataformas digitais cobrem a totalidade dos países da América do Sul.

192 ELLIOTT, Anthony. **Making sense of AI**: our algorithmic world. Cambridge; Medford: Polity Press, 2022.

193 *Id.* **The Culture of AI**: Everyday Life and the Digital Revolution. Londres; Nova Iorque: Routledge, 2019.

194 LYNCH, Cecelia. Critical Interpretation and Interwar Peace Movements: Challenging Dominant Narratives. In: YANOW, Dvora; SCHWARTZ-SHEA, Peregrine (org.). **Interpretation and method**: empirical research methods and the interpretive turn. London; New York: Routledge, 2015. p. 300-308.

195 YANOW, Dvora. Thinking Interpretively: Philosophical Presuppositions and the Human Sciences. In: YANOW, Dvora; SCHWARTZ-SHEA, Peregrine (org.). **Interpretation and method**: empirical research methods and the interpretive turn. London; New York: Routledge, 2015. p. 5-26.

196 BROCK, Andrea. A green extractivist railway? Exploring the political ecology of Europe’s largest infrastructure project. **Journal of Political Ecology**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 1-28, 2023.

197 BRULLE, Robert J.; ROBERTS, J. Timmons. The First Portrait of Climate Obstruction across Europe. In: BRULLE, Robert J.; ROBERTS, J. Timmons; SPENCER, Miranda C. (org.). **Climate obstruction across Europe**. New York: Oxford University Press, 2024. p. 1-25.

198 SALMI, Frederico; DOWBOR, Monika; FLEURY, Lorena Cândido. Metacoalizão e os novos papéis de broker: o caso Observatório do Clima. **Revista Tempo Social**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 239-259, 2024.



(ii) *ciberativismo*^{199,200,201} pode ser entendida como uma forma de intervenção na dimensão política, e mais, por meio da *apropriação tecnológica*²⁰² performada por grupos sociais formais ou informais, que possuem como horizonte a transformação de estruturas estabilizadas por grupos dominantes. Nessa linha, o ciberativismo passa a ser uma prática dinamizada pelas novas formas de coalizões em redes de grupos sociais (*metacoalção*) e de apropriação tecnológica (*ciberativismo*) por aqueles da sociedade civil organizada.

3 DO CIBERATIVISMO À METACOALIZAÇÃO DE PLATAFORMAS COM IAS

Diante das forças cada vez mais hegemônicas (como *big oils*, *big minings*, *big bankings* e *big techs*), incidir politicamente é um dos maiores desafios contemporâneos. Para além dos movimentos tradicionais de ativistas e organizações da sociedade civil, grandes agregados sociais emergem no cenário social e político contra o colonialismo energético e digital. Como argumentam Bringel e Svampa, “sem mobilização social constante, coordenada e massiva, isso [um Estado ecossocial] dificilmente ocorrerá”²⁰³. Discussões acadêmicas recentes²⁰⁴ argumentam que o ativismo, seja material (por exemplo, protestos nas ruas) ou digital (como mobilização de demandas nas mídias sociais), não é mais suficiente para ocorrerem transformações estruturantes e estruturais nos territórios físicos por meio de políticas públicas.

A partir de estudos realizados no Brasil, junto às organizações ambientais que possuem como pauta a questão climática como vetor guarda-chuva^{205,206,207}, apresentamos exemplos de novas formas de organização

199 BÜLOW, Marisa Von; DIAS, Tayrine. O ativismo de hashtags contra e a favor do impeachment de Dilma Rousseff. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, [s. l.], n. 120, p. 5-32, 2019.

200 TURNER, Fred. *From counterculture to cyberculture*: Stewart Brand, the Whole Earth Network, and the rise of digital utopianism. Chicago: University of Chicago Press, 2008.

201 SILVER, David; MASSANARI, Adrienne (org.). *Critical cyberculture studies*. New York: New York University Press, 2006.

202 RIVOIR, Ana; MORALES, María Julia (org.). *Tecnologías digitales: miradas críticas de la apropiación en América Latina*. Buenos Aires: CLACSO; Montevideo: RIAT, 2019.

203 BRINGEL, Breno; SVAMPA, Maristella. Del «Consenso de los Commodities» al «Consenso de la Descarbonización». *Nueva Sociedad*, [s. l.], v. 306, p. 51-70, 2023. p. 70 (tradução nossa).

204 Cf. Foro Internacional “Las desigualdades en América Latina: tensiones, debates y propuestas” de 2024 conduzido pela CLACSO e pela Universidad de la Republica (UdelaR).

205 ACSELRAD, Henri; MICHELOTTI, Fernando. Neoextrativismo: entre critérios quantitativos e qualitativos. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 1-15, 2024.

206 AGUIAR, Joci. *Quem precisa de justiça climática no Brasil?* [s. l.]: Gênero & Clima; Observatório do Clima, 2022.

207 DOWBOR, Monika; RESENDE, Roberta Carnelos; RUSCHEINSKY, Aloisio. Compensatory measures in technological disasters: a neglected link? Medidas compensatórias nos desastres tecnológicos: um elo negligenciado. *Ciências Sociais UNISINOS*, São Leopoldo, v. 59, n. 3, p. 1-23, 2023.

tecnossocial, ou seja, além das tradicionais mobilizações dos movimentos sociais – das mais variadas pautas e agendas políticas –, algumas organizações da sociedade civil passam a agregar nesses novos territórios digitais. E mais, elas não só constroem novos territórios sociodigitais, como o fazem *em coalizão*. É esse tipo de aliança entre redes já estáveis de grupos sociais de pauta ambiental e climática que, quando configurado, produz metacoalizesões.

Nessa linha, movimentos climáticos, ecologistas, feministas, antirracistas, indígenas, camponeses, animalistas, sindicais e outros começam a realizar novas alianças para combater as oligarquias dominantes (como *big techs*, *big oils*, *big minings*, *big agros* e *big pharmas*) em vários planos: material, normativo e imaginal-ideológico.

Esse tipo de combate é realizado por meio do desenvolvimento de plataformas tecnocientíficas, ou seja, da apropriação tecnológica e da posterior mobilização de seus conteúdos nos espaços públicos em disputa.

4 O PLATAFORMISMO DE COALIZÃO: A DINÂMICA OBSERVADA A PARTIR DO BRASIL

Apresentamos, a seguir, algumas organizações da sociedade civil que se estruturam em grandes conglomerados, ou seja, em coalizão. Algumas dessas coalizões que atuam na interseção da agenda climática, todavia não se limitam a essa pauta específica, constam no quadro a seguir.

Importante notar que os membros são, em boa medida, redes de organizações (por exemplo, *hubs* associativos, agregados de entidades multissetoriais)²⁰⁸ e não entidades singulares (como instituto de pesquisa e associação de indivíduos).

208 Para outros exemplos de tipos de grandes agregados sociais, ver a definição de *metacoalizão* e a comparação com outros tipos de arranjos sociais de grande porte, como redes de redes e seus diferentes papéis sociais na dimensão política. Ver mais em: SALMI, Frederico; DOWBOR, Monika; FLEURY, Lorena Cândido. Metacoalizão e os novos papéis de broker: o caso Observatório do Clima. *Revista Tempo Social*, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 239-259, 2024.

Quadro 1 – Metacoalizes de plataforma em territórios digitais

PLATAFORMA TECNOCIENTÍFICA	ESCOPO GEOGRÁFICO	MEMBROS
Amazônia em Pé ²⁰⁹	Bioma amazônico latino-americano	> 300
Associação dos Povos Indígenas do Brasil ²¹⁰	Brasileiro	> 250
Coalizão Direitos na Rede ²¹¹	Brasileiro	> 50
Coalizão Negra Por Direitos ²¹²	Brasileiro	> 200
MapBiomass ²¹³	Presente em 17 países	> 100
Observatorio Parlamentario de Cambio Climático y Transición Justa ²¹⁴	Latino-americano	21 países
Observatório do Carvão Mineral ²¹⁵	Brasileiro	> 10
Observatório do Clima ²¹⁶	Brasileiro/latino-americano	> 100
Observatório do Petróleo e Gás ²¹⁷	Brasileiro	> 10

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Essas plataformas são *construídas* devido ao adensamento e à mobilização de diferentes capacidades. Partimos do entendimento de que a noção de território é uma trama de espaços: geográfico, administrativo, comunitário, digital e outros. É em um dado território que se dá a relação entre corpos, espaços e culturas, e é nesse espaço, em seu sentido amplo, que os modos de vida são produzidos. Nesse sentido, os territórios digitais são territórios *construídos* como ampliação do território material, no qual há disputas por modos de vida. Por exemplo, a disputa entre extrair ou não um novo minério (como lítio ou urânio), um novo bloco de petróleo (em terra ou em mar) ou um novo avanço da monocultura (por exemplo, eucalipto, soja e gado) se dá, também, nos territórios digitais, além dos outros espaços já conhecidos. Nessa linha, a ocupação de tais territórios digitais passa a ser central nas disputas por modos de se habitar e se viver do ponto de vista local.

A construção dessas novas territorialidades digitais por novos tipos de coalizões – nesse caso, por metacoalizes – permite novas formas de monitorar

209 AMAZÔNIA DE PÉ. **Movimento Amazônia de Pé**. 2026.

210 ARTICULAÇÃO DOS POVOS INDÍGENAS DO BRASIL (APIB). **Articulação dos Povos Indígenas do Brasil**. 2026.

211 COALIZÃO DIREITOS NA REDE. 2026.

212 INSTITUTO DE REFERÊNCIA NEGRA PEREGUM. **Coalizão Negra por Direitos**. 2026.

213 MAPBIOMAS. **MapBiomass Brasil**. 2026.

214 OBSERVATORIO PARLAMENTARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO Y TRANSICIÓN JUSTA (OPCC). 2026.

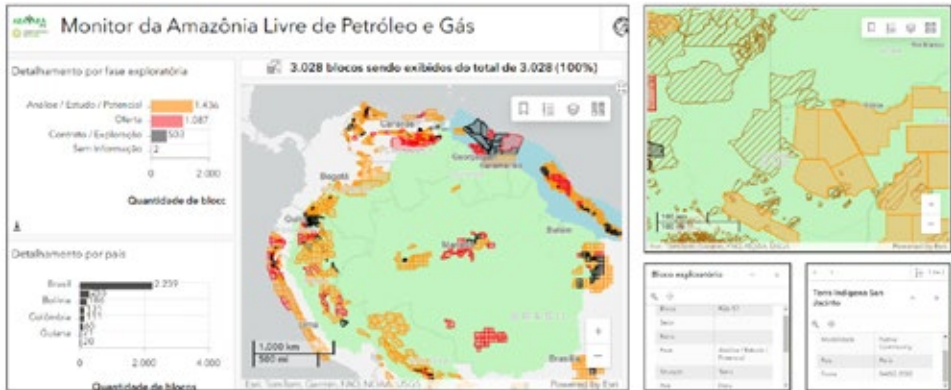
215 OBSERVATÓRIO DO CARVÃO MINERAL. 2026.

216 OBSERVATÓRIO DO CLIMA. 2026.

217 OBSERVATÓRIO DO PETRÓLEO E GÁS. 2026.

os avanços extrativistas (Figuras 1 e 2) e de realizar as incidências normativas preventivamente junto aos poderes estatais.

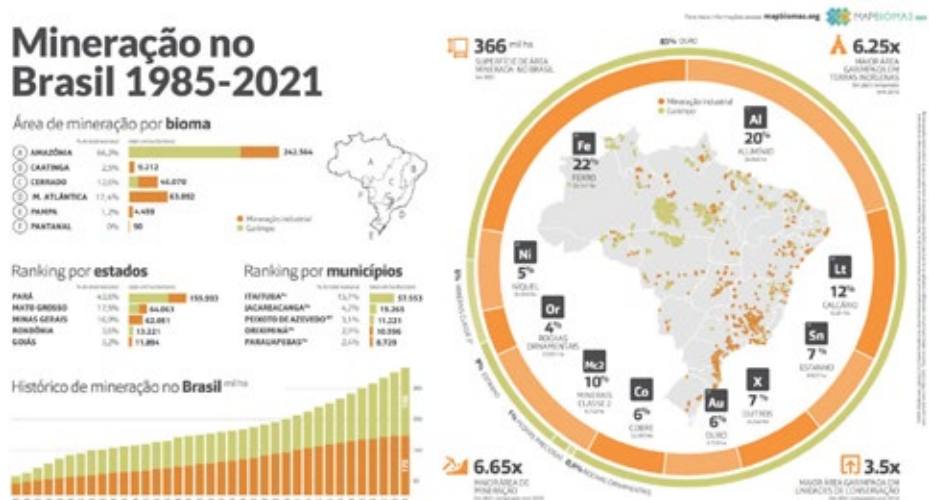
Figura 1 – Plataforma Monitor da Amazônia Livre de Petróleo e Gás e vigilância de coalizão



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Legenda: recortes de diferentes camadas, a partir da plataforma tecnocientífica. Mapa da região pan-amazônica (à direita); região da fronteira Brasil-Peru (à esquerda superior); e *status* das novas fronteiras de exploração de petróleo e sobreposição com terras indígenas (à esquerda inferior). A Figura 2 apresenta outro tipo de monitoramento do extrativismo, aqui no escopo do território brasileiro.

Figura 2 – Plataforma MapBiomias e vigilância de coalizão



Fonte: MapBiomias²¹⁸.

218 MAPBIOMIAS. MapBiomias Brasil. 2026.

As plataformas, como Monitor da Amazônia Livre de Petróleo e Gás e MapBiomas, são exemplos não só de uma nova forma organizativa por parte da sociedade civil, como também de um novo modo de se apropriar das tecnologias *emergentes* – nesse caso, das tecnologias de inteligência artificial e das infraestruturas digitais, que incluem sites e mídias sociais – e de habitar o território digital. É essa construção territorial, no plano digital, que gera novas possibilidades de acompanhar de perto o extrativismo sob novas lentes.

5 IMPLICAÇÕES CONTEXTUAIS A PARTIR DO BRASIL: “ATÉ QUE A ÚLTIMA TONELADA DE CARVÃO FÓSSIL SEJA QUEIMADA”²¹⁹

O contexto importa. “A Petrobras irá até a última gota de petróleo, assim como a Arábia Saudita ou os Emirados farão o mesmo”²²⁰. A frase foi disparada em março de 2024 por Jean Paul Prates, atual presidente de uma das maiores corporações petrolíferas do planeta, com sede no Brasil e escritórios na América Latina, América do Norte, Europa e Ásia. Importante ressaltar que Prates faz parte do Partido dos Trabalhadores (partido de Lula que compôs uma grande coalizão partidária com a Rede Sustentabilidade de pauta ambientalista e climática e venceu as eleições presidenciais de novembro de 2022).

Na gestão presidencial anterior (2019-2022), o então presidente Jair Bolsonaro nomeou Roberto Castello Branco para a presidência da Petrobras, o qual, antes de assumir a petrolífera brasileira, esteve à frente da Mineradora Vale (uma das maiores do mundo na extração de ferro, níquel, carvão e outros minerais, com operações no Brasil, na Austrália, em Moçambique e em outros países). Na gestão de Branco-Bolsonaro (2019-2022), o extrativismo avançou fortemente nas regiões do bioma amazônico por novas frentes de petróleo e mineração. Essa configuração pode ser denominada como um tipo de “fascismo fóssil”²²¹. Alguns autores argumentam que também há uma conexão entre um tipo de “nacionalismo energético” e as práticas do extrativismo fóssil

219 Essa *previsão-profecia*, bem como crítica, ao capitalismo do início do século XX, foi cunhada pelo sociólogo Max Weber, um dos fundadores da sociologia. Ver mais em: WEBER, Max. **A ética protestante e o espírito do capitalismo**. São Paulo: Martin Claret, 2013, p. 259.

220 Reportagem original do dia 13 de março de 2024 no *The New York Times*: ANDREONI, Manoela. Brazil's Clashing Goals: Protect the Amazon and Pump Lots More Oil. **The New York Times**, New York, mar. 2024. A repercussão foi tamanha que o Observatório do Clima tuitou a expressão. Disponível em tuit do *Observatório do Clima*, maior coalizão da sociedade civil que combate os efeitos da crise climática no Brasil: OBSERVATÓRIO DO CLIMA. “A Petrobras irá até a última gota de petróleo”, afirma Jean Paul Prates, o presidente da estatal. #Rio60Graus é um oferecimento de uma das petroleiras mais lucrativas do mundo. A transição para energia limpa é urgente! #Petrobrasa. X, 20 mar. 2024.

221 MALM, Andreas; ZETKIN COLLECTIVE. **White skin, black fuel: on the danger of fossil fascism**. London; New York: Verso, 2021, p. 169-177.

mais explícito²²²; todavia, mesmo com diferentes nacionalismos energéticos da coalizão extrativista no poder, algumas organizações da sociedade civil organizada passam a se estruturar como *metacoalizes*²²³ e emergem com novas práticas de monitoramento digital desses avanços extrativistas.

Nessa linha, *metacoalizo* é entendida como um agente sociopolítico (*broker*) intermediário, que atua entre o nível dos indivíduos e das instituições. A *metacoalizo* é um dos quatro tipos de formas organizacionais da sociedade civil – as demais são entidades multissetoriais, conglomerado associativo e associações-pico²²⁴. Cada forma de se organizar produz diferentes funções e papéis sociais no mundo. A *metacoalizo* é a que possui mais papéis sociopolíticos. Por se tratar de uma nova forma da sociedade civil organizada se estruturando diante de grandes corporações extrativistas, que operam em aliança com estruturas estatais, é ela que passa a tensionar o *status quo* do extrativismo contemporâneo na América Latina e no Caribe.

Ressaltamos que, no Brasil, “as atuais políticas dos estados-nação permitem que a humanidade extraia até a última gota de petróleo cru, assim como permitem o desmatamento de florestas”²²⁵. Lembremos que a lógica e a profecia sociológica da extração até a *última tonelada de combustível fóssil* do planeta foram profetizadas por Max Weber, em 1904, e ainda são um componente-chave tanto analítico como crítico que pode ser mobilizado para compreender as atuais políticas extrativistas e climáticas contemporâneas^{226,227}.

Além das políticas extrativistas oriundas do neoliberalismo extrativista, outro fenômeno contemporâneo está diante da humanidade: o aceleracionismo tecnológico oriundo da revolução digital. Em um mundo o avanço ideológico do extrativismo globalizante, novas formas de sociabilidade emergem como movimento emancipatório. Nessa mesma esteira temporal, há um aceleracionismo tecnológico derivado da revolução digital^{228,229} que remete a uma

222 ŻUK, Piotr; CONVERSI, Daniele; ŻUK, Paweł. Conceptualising energy nationalism in the context of climate change: framework and review. *Frontiers in Energy Research*, [s. l.], v. 12, p. 1-14, 2024.

223 SALMI, Frederico; DOWBOR, Monika; FLEURY, Lorena Cândido. Metacoalizo e os novos papéis de broker: o caso Observatório do Clima. *Revista Tempo Social*, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 239-259, 2024.

224 SALMI, Frederico; DOWBOR, Monika; FLEURY, Lorena Cândido. Metacoalizo e os novos papéis de broker: o caso Observatório do Clima. *Revista Tempo Social*, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 239-259, 2024.

225 SALMI, Frederico. Ética climática e categorias analíticas: potencial teórico-normativo para formuladores de políticas. *Revista Geotemas*, Pau de Ferros, v. 11, p. 1-25, 2021. p. 14.

226 BECK, Ulrich; VAN LOON, Joost. “Until the Last Ton of Fossil Fuel Has Burnt to Ashes”: Climate Change, Global Inequalities and the Dilemma of Green Politics. In: HELD, D.; THEROS, M.; FANE-HERVEY, A. (org.). *The Governance of Climate Change*. Cambridge: Polity Press, 2013. p. 111-134.

227 SALMI, Frederico *et al.* Ontologias climáticas: um mundo de mundos em disputa. *Simbiótica: Revista Eletrônica*, Vitória, v. 10, n. 3, p. 1-14, 2023.

228 CASTELLS, Manuel. América Latina en la era de la información. Un diagnóstico riguroso y necesario. In: CALDERÓN, Fernando (org.). *Navegar contra el viento*: América Latina en la era de la información. Buenos Aires: UNSAM Edita, 2018. p. 9-10.

229 RIVOIR, Ana. Globalización y digitalización. Reflexiones en torno a las consecuencias de la pandemia por COVID-19 iniciada en 2020. In: MORALES, Susana; VIDAL, Elizabeth (org.). *¿Quién se apropia de qué?: tecnologías digitales en el capitalismo de plataformas*. Buenos Aires: CLACSO, 2022. p. 39-48.

nova era: a da revolução algorítmica e das inteligências artificiais – IAs^{230,231} –, as quais são, em boa medida, lideradas por oligarquias dominantes como as denominadas *Big Tech*. Nesse nexos, há o capitalismo de plataforma e todas as suas variações de pautas extrativistas no plano material, digital ou imaginativo^{232,233,234}. De outro lado, há o emergente movimento do cooperativismo de plataforma^{235,236,237}; que soa a um socialismo digital²³⁸, mas é muito mais do que um tipo de comunitarismo tecnológico digital.

Para além dos movimentos tradicionais de ativistas e organizações da sociedade civil, grandes agregados sociais emergem no cenário social e político contra o colonialismo energético e digital. Como argumentam Bringel e Svampa, “sem mobilização social constante, coordenada e massiva, isso [um Estado *ecossocial*] dificilmente ocorrerá”²³⁹. Nessa linha, movimentos ambientalistas, climáticos, feministas, antirracistas, indígenas, camponeses, animalistas, sindicais e outros tantos tendem a formar novas alianças para combater oligarquias dominantes (como *big techs*, *big oils*, *big minings*, *big agros* e *big pharmas*).

A partir desse cenário – do aumento das desigualdades sociais e ecológicas forçado pelas novas formas do neoliberalismo extrativista –, a questão tecnológica passa a ser não só relevante, como crucial para a redução das iniquidades sociais, digitais, ecológicas e climáticas.

6 OBSERVATÓRIOS DO EXTRATIVISMO PROFUNDO

No Brasil, há uma profusão de novas alianças entre as organizações da sociedade civil que, devido às novas fronteiras digitais, não se limitam

230 AROCENA, Felipe; SANSONE, Sebastián. **Acelaración**: ¿qué significa ser humano en la era de la inteligencia artificial y la ingeniería genética? Montevideo: Estuario, 2023.

231 COSTA, Everton Garcia da; COELHO, Gabriel Bandeira; SALMI, Frederico. Quem tem medo do ChatGPT? Reflexões sobre os impactos das novas IAs sobre a vida social e na academia. **Brazilian Journal of Education, Technology and Society** (BRAJETS), [s. l.], v. 16, n. 4, p. 891-904, 2023.

232 MORALES, Susana; VIDAL, Elizabeth (org.). **¿Quién se apropia de qué?**: tecnologías digitales en el capitalismo de plataformas. Buenos Aires: CLACSO, 2022.

233 SILVEIRA, Sérgio A.; SOUZA, Joyce; CASSINO, João F. (org.). **Colonialismo de dados**: como opera a trincheira algorítmica na guerra neoliberal. São Paulo: Autonomia Literária, 2021.

234 SABARIEGO, Jesus; AMARAL, Augusto Jobim; SALLES, Eduardo B. C. (org.). **Algoritarismo**. São Paulo; Valência: Tirant lo Blanch, 2020.

235 CANCELA, Cecilia Muñoz; KASPARIAN, Denise; GRASAS, Julieta. Análisis socio-técnico de la implementación argentina de la plataforma cooperativa CoopCycle. **Otra Economía**, [s. l.], v. 16, n. 29, p. 41-59, 2023.

236 SCHOLZ, R. Trebor. **Own this!** How platform cooperatives help workers build a democratic Internet. London; New York: Verso, 2023.

237 KASPARIAN, Denise. La implementación local de cooperativas de plataforma. **Revista del Centro de Estudios de Sociología del Trabajo (CESOT)**, [s. l.], n. 14, p. 107-148, 2022.

238 MOROZOV, Evgeny. Digital Socialism. **New Left Review**, [s. l.], n. 116-117, p. 33-67, 2019.

239 BRINGEL, Breno; SVAMPA, Maristella. Del «Consenso de los Commodities» al «Consenso de la Descarbonización». **Nueva Sociedad**, [s. l.], v. 306, p. 51-70, 2023. p. 70 (tradução nossa).

às fronteiras geopolíticas ortodoxas da lógica Estado-nação. Para mencionar apenas algumas dessas coalizões que atuam com a agenda das políticas climáticas, citamos: Observatório do Clima, Observatório da Mineração, Observatório Social do Petróleo, Observatório do Petróleo e Gás, Observatório Eco, Observatório do Carvão Mineral, Observatório Indigenista, Observatório de Justiça e Conservação, Rede Xingu+, Observatório Florestal, Observatório Latinoamericano para la Acción Climática, Observatorio del Fondo Verde del Clima para América Latina y el Caribe, Observatório dos Direitos Humanos dos Povos Indígenas Isolados e de Recente Contato, Coalizão Negra por Direitos e Coalizão Direitos na Rede.

Como ilustração do plataformismo de coalizão, citamos o Observatório do Petróleo e Gás²⁴⁰. Esse observatório é uma aliança entre outras coalizões, a saber: Observatório do Carvão Mineral, No Fracking Brasil, COESUS e Instituto Arayara. Essa coalizão, em aliança com outras coalizões (como Observatório do Clima, Coalizão Energia Limpa, Frente Nacional dos Consumidores de Energia e outras), gera o que é denominado de *metacoalizão*²⁴¹. Essa *metacoalizão* desenvolveu e gerou o Monitor da Amazônia Livre de Petróleo e Gás²⁴². Segundo os observatórios em coalizão, essa nova plataforma tecnocientífica é:

Uma nova ferramenta interativa lançada hoje [23 out. 2023] traz informações detalhadas sobre a exploração de petróleo nos nove países amazônicos: Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela. O Monitor da Amazônia Livre de Petróleo e Gás permite gerar mapas e planilhas, ao cruzar rapidamente dados sobre país, empresa, fase exploratória, além de informações sobre as localidades – terra indígena, território quilombola, região de corais etc.²⁴³.

Algumas categorias oriundas da ecologia política (como decrescimento, desaceleração, *buen vivir* e descolonização tecnológica) passam, também, a ser tensionadas nos planos teórico e empírico – não só pelo aceleracionismo tecnológico pautado pelas *big techs*, como também pelas novas alianças tecnológicas geradas pelas sociedades civis organizadas. Por exemplo, entre as coalizões do Observatório do Clima, estão as redes de povos originários, como a Articulação dos Povos Indígenas do Brasil (APIB) e a Coordenação

240 OBSERVATÓRIO DO PETRÓLEO E GÁS. 2026.

241 SALMI, Frederico; DOWBOR, Monika; FLEURY, Lorena Cândido. Metacoalizão e os novos papéis de broker: o caso Observatório do Clima. **Revista Tempo Social**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 239-259, 2024.

242 MONITOR AMAZÔNIA LIVRE DE PETRÓLEO. **Arayara**. 2026.

243 OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Sistema inédito monitora dados de exploração de petróleo na Amazônia**. 2023.



das Organizações Indígenas da Amazônia Brasileira (COIAB). Nessa linha, não é possível aludir a uma decolonialidade tecnológica, mesmo porque as sociedades estão em *trincheiras algorítmicas*²⁴⁴ e a necessidade de compreender as novas formas de estar com a tecnologia digital se impõe tanto às comunidades *a-digitais* (por exemplo, povos indígenas) como às cientistas e aos cientistas sociais.

A Figura 3 mostra a região do bioma amazônico em sua extensão pan-amazônica (em verde) e as regiões em fase exploratória de petróleo e gás (em vermelho).

Figura 3 – Plataforma do Monitor da Amazônia Livre de Petróleo e Gás: blocos em fase “exploratória”



Fonte: Monitor da Amazônia Livre de Petróleo e Gás²⁴⁵.

Essas e outras formas sociais de agregação tecnológica entre humanos e não humanos podem ser observadas em várias partes das comunidades e sociedades consideradas vulneráveis. Plataformas como o Platform Cooperativism Consortium²⁴⁶ são *hubs* associativos que colocam uma série de questões sociológicas diante do paradigma tecnológico no nexo da questão climática. Outro caso de apropriação das tecnologias digitais por povos indígenas no Brasil é a

244 SILVEIRA, Sérgio A.; SOUZA, Joyce; CASSINO, João F. (org.). *Colonialismo de dados: como opera a trincheira algorítmica na guerra neoliberal*. São Paulo: Autonomia Literária, 2021.

245 MONITOR AMAZÔNIA LIVRE DE PETRÓLEO. *Arayara*. 2026.

246 PLATFORM COOPERATIVISM CONSORTIUM. 2026.

plataforma de comunicação Tapajós de Fato²⁴⁷ (TdF) – uma plataforma que se apropriou dos espaços nas redes de mídias sociais digitais. Trata-se de um cibertativismo que visa visibilizar o que antes estava inacessível à sociedade em geral.

A interconexão se faz, também, entre essas plataformas ao conectar eventos objetivos e subjetivos. A título de ilustração, a situação dos blocos de petróleo na região do Pará pode ser monitorada diretamente pelos povos originários a partir do Monitor da Amazônia Livre de Petróleo e Gás. Outras intervenções estatais se desdobram a partir dessas plataformas em coalizão (como ação civil pública contra a empresa Atem Distribuidora de Petróleo S.A., monitorada por movimentos sociais, quilombolas, indígenas e povos tradicionais do Lago do Maicá, com assessoria jurídica da Terra de Direitos e da Federação das Organizações Quilombolas de Santarém). Devido às intervenções das coalizões indígenas e quilombolas, novas plataformas emergem. Assim, outras plataformas entram na ciberesfera: Monitor de Legislação Climática²⁴⁸, Monitor de Atos Públicos²⁴⁹ e Monitor Jus Amazônia²⁵⁰.

Essas plataformas tecnocientíficas são entendidas como *agentes artificiais em coalizão*, que possuem agenciamentos com um grau de autonomia – pois realizam a mineração de dados massivos (*big data*) nos bancos de dados dos três poderes e nas três esferas – e operam no monitoramento da produção normativa do Brasil incessantemente. Essas mesmas plataformas auxiliam a alimentação e atuação não só do Monitor da Amazônia Livre de Petróleo e Gás, mas de outras plataformas que possuem a função de monitorar as políticas públicas tecnologicamente – que é um dos papéis sociais da *metacoalizão* – e os seus efeitos nos territórios em todos os níveis estatais. Nessa linha, os povos indígenas e as comunidades quilombolas em coalizão passam a acessar as plataformas como novo modo de habitar nossos mundos (físicos e digitais), com um novo agente, o *agente climático artificial*, nos termos da metacoalizão como intermediador²⁵¹.

E do ponto de vista conceitual-analítico? Em uma perspectiva reflexiva crítica, a questão das plataformas tecnocientíficas, no nexos com comunidades vulneráveis, é entendida aqui como uma *dialética da fusão com o artificial*, uma vez que essa reflexividade passa a produzir manifestações na dimensão social, ecológica, climática, cultural e identitária coletiva. Em linha com a abordagem sociológica da “dialética da negação do outro”²⁵², parte-se, na abordagem de

247 TAPAJÓS DE FATO. 2026.

248 CLIMA DE ELEIÇÃO. *Legislações climáticas*. 2026.

249 POLÍTICA POR INTEIRO. *Monitor de atos públicos*. 2026.

250 JUSAMAZÔNIA. 2026.

251 SALMI, Frederico; DOWBOR, Monika; FLEURY, Lorena Cândido. Metacoalizão e os novos papéis de broker: o caso Observatório do Clima. *Revista Tempo Social*, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 239-259, 2024.

252 CALDERÓN, Fernando. La cultura, el sujeto y el desarrollo humano informacional. Notas conceptuales. In: CALDERÓN, Fernando (org.). *Navegar contra el viento: América Latina en la era de la información*. San Martín, provincia de Buenos Aires, Argentina: UNSAM Edita, 2018. p. 25-74.



Calderón, do pressuposto de que as condições e estruturas materiais forjam novas subjetividades identitárias coletivas. Nosso pressuposto também se ancora na relação do agenciamento entre humanos e não humanos na abordagem dos ESCTs. Nessa abordagem, invertemos o conceito de “negação do outro” para construir a dialética de “fusão com o outro”, sendo esse *outro*, em nosso caso, o *agente artificial* – esse último entendido nos termos do sociólogo Elliott²⁵³.

Nesse sentido, o agente artificial é o outro (por exemplo, plataforma tecnocientífica) e passa a agenciar e forjar uma identidade (como a pan-amazônica dos povos originários habitantes dos vários territórios da Floresta Amazônica, oriundos dos nove países amazônicos). Essa dialética, no caso apresentado neste capítulo e em termos sociopolíticos, induz à construção do imaginário de uma única nação de povos originários da Floresta Amazônica²⁵⁴ em uma relação mesclada com agentes artificiais. Portanto, o *plataformismo de coalizão* opera subjetivamente sob a *dialética da fusão com o artificial* e induz o fomento de identidades coletivas outras.

7 O PLATAFORMISMO DE COALIZÃO PRODUZ ESPERANÇA DIANTE DO LEVIATÃ CLIMÁTICO

O *Leviatã Climático*²⁵⁵ é uma das referências teóricas para se compreender as novas alianças entre as megacorporações e os Estados-nações. Entendemos que esse leviatã climático, em uma perspectiva sociológica, opera em uma era que possui múltiplos conceitos: do acrítico antropoceno às abordagens mais críticas como *capitaloceno*^{256,257} ou *tecnoceno*^{258,259}. Inspirados nas abordagens sociológicas na perspectiva crítica, concentramo-nos em compreender como as sociedades civis organizadas enfrentam tanto o aumento dos efeitos da mudança climática contemporânea como o avanço das novas tecnologias digitais.

253 ELLIOTT, Anthony. **Making sense of AI**: our algorithmic world. Cambridge; Medford: Polity Press, 2022.

254 Vale lembrar que Krenak faz alusão a uma nação de povos humanos e não humanos pan-amazônicos. Ver mais em: KRENAK, Ailton. **Futuro ancestral**. São Paulo: Companhia das Letras, 2022; *Id.* **Ideias para adiar o fim do mundo**. São Paulo: Schwarz, 2019.

255 WAINWRIGHT, Joel; MANN, Geoff. **Climate Leviathan**: a political theory of our planetary future. London; New York: Verso, 2018.

256 HARAWAY, Donna Jeanne. Tentacular Thinking: Anthropocene, Capitalocene, Chthulucene. **E-flux Journal**, [s. l.], n. 75, p. 1-17, 2016.

257 MOORE, Jason W. (org.). **Antropoceno ou Capitaloceno?** Natureza, história e a crise do capitalismo. São Paulo: Elefante, 2022.

258 COSTA, Flavia. **Tecnoceno**: Algoritmos, biohackers y nuevas formas de vida. Buenos Aires: Taurus, 2021.

259 MARTINS, Hermínio. **The Technocene**. Nova Iorque: Anthem Press, 2018.

Diante dos novos aceleracionismos tanto informacionais^{260,261,262} como extrativistas^{263,264}, a *construção de plataformas de coalizão* – ou seja, por meio de novas alianças e coalizões organizadas por uma variedade de entidades (como organizações não governamentais, universidades e organizações multilaterais), mediada por novas tecnologias, em especial as digitais e algorítmicas – é uma das práticas não só para garantir os modos de habitar e viver de comunidades locais, como para enfrentar os avanços das megacorporações extrativistas e das suas alianças estatais. Nessa linha, por um lado, as comunidades mais vulneráveis são tensionadas tanto pelos avanços de novos megaprojetos de exploração como pelas constantes desregulamentações oriundas do Poder Legislativo. Por outro lado, quando essas mesmas comunidades se organizam em grandes coalizões, em particular com organizações que possuem capacidades de apropriação tecnológica (*metacoalizão*) e de incidência política (*ciberativismo*), o tensionamento no plano político, normativo e material também aumenta. Ou seja, trata-se da *metacoalizão* potencializada pelo *ciberativismo*, que é reforçado mutuamente.

Assim, enquanto as *big techs* realizam *extrativismo informacional*²⁶⁵ e as *big oils* e *big minings* aceleram o extrativismo material^{266,267}, as *metacoalizões* de plataforma passam a perturbar a aparente tranquilidade de explorar sem resistência por parte das comunidades locais. Com isso, uma parcela da sociedade civil organizada, a partir da produção de conhecimentos, do reconhecimento de saberes ancestrais e da apropriação tecnológica, gera novas práticas de caráter ativo nos planos digital e normativo, além das já consolidadas práticas de ativismo político. Ao fim e ao cabo, há a criação de novos territórios digitais, que passam a ser indissociáveis dos demais territórios em disputa.

260 CASTELLS, Manuel. América Latina en la era de la información. Un diagnóstico riguroso y necesario. In: CALDERÓN, Fernando (org.). **Navegar contra el viento**: América Latina en la era de la información. Buenos Aires: UNSAM Edita, 2018. p. 9-10.

261 COSTA, Everton Garcia da; COELHO, Gabriel Bandeira; SALMI, Frederico. Quem tem medo do ChatGPT? Reflexões sobre os impactos das novas IAs sobre a vida social e na academia. **Brazilian Journal of Education, Technology and Society** (BRAJETS), [s. l.], v. 16, n. 4, p. 891-904, 2023.

262 RIVOIR, Ana. Globalización y digitalización. Reflexiones en torno a las consecuencias de la pandemia por COVID-19 iniciada en 2020. In: MORALES, Susana; VIDAL, Elizabeth (org.). **¿Quién se apropia de qué?**: tecnologías digitales en el capitalismo de plataformas. Buenos Aires: CLACSO, 2022. p. 39-48.

263 DUNLAP, Alexander. The Structures of Conquest: Debating Extractivism(s), Infrastructures and Environmental Justice for Advancing Post-Development Pathways. **Revue Internationale de Politique de Développement**, [s. l.], n. 16, p. 1-31, 2023.

264 FLEURY, Lorena Cândido; MIGUEL, Jean Carlos Hochsprung; TADDEI, Renzo. Mudanças climáticas, ciência e sociedade. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 21, n. 51, p. 18-42, 2019.

265 ARTOPOULOS, Alejandro. Orígenes del subdesarrollo informacional de la industria del software al extractivismo de talento en Argentina (2002-2019). In: RIVOIR, Ana Laura (org.). **Tecnologías digitales y transformaciones sociales**: desigualdades y desafíos en el contexto latinoamericano actual. Buenos Aires: CLACSO; Montevideo: Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de la República - Uruguay; Observatic, 2020. p. 31-58.

266 GUDYNAS, Eduardo. Violencias y desarrollos: asociaciones inevitables y esenciales. **Observatorio del Desarrollo**: Investigación, reflexión y análisis, [s. l.], v. 12, n. 34, p. 7-19, 2023.

267 SVAMPA, Maristella. Transición energética corporativa. El triángulo sudamericano del litio como caso testigo.

In: LANG, Miriam; BRINGEL, Breno; MANAHAN, Ann (org.). **Más allá del colonialismo verde**: justicia global y geopolítica de las transiciones ecosociales. Buenos Aires: CLACSO, 2023. p. 69-84.

CONSIDERAÇÕES FINAIS: NOVOS PARADIGMAS SOCIOLÓGICOS A PARTIR DA QUESTÃO CLIMÁTICA

Em suma, o *plataformismo de coalizão* produz um novo tipo de monitoramento e, conseqüentemente, performa uma prática de transição justa, que até então não existia e não era possível de ser alcançada pelas organizações da sociedade civil. Isso porque essas organizações não tinham formas de produzir conhecimentos científicos para se apropriar dessas novas tecnologias digitais, sobretudo nesses arranjos tecnológicos altamente complexos de monitoramento de extrativismos intensos.

Esse tipo de *plataformismo* é performado nas dimensões tecnocientífica e política – com interfaces em outras dimensões –, todavia a questão ontológica, por exemplo, é abordada, em boa parte, mais pela apropriação das inteligências artificiais (semi)autônomas do que pelos conhecimentos ancestrais de povos originários. Trata-se da soma de redes de diferentes epistemologias, especialmente tecnológicas, isto é, de alianças em vários níveis, com ênfase na mobilização do saber-fazer tecnológico que permite produzir essa nova *vigilância de coalizão* por meio da apropriação tecnológica do fazer-saber e do saber-fazer.

O *plataformismo de coalizão* se organiza material e subjetivamente: materialmente através de arranjos sociotécnicos de infraestruturas políticas e tecnológicas; e subjetivamente sob a *dialética da fusão com o artificial*, que induz o fomento de identidades coletivas e imaginários sociais emancipadores. Uma vez que há novos dados e informações sobre o que ocorre nos territórios material e normativo produzidos por essas novas plataformas de coalizão, a *vigilância de coalizão* tem como um dos seus efeitos o aumento da incidência direta e ativa no plano normativo, em especial no legislativo.

Estudos recentes demonstram que deslocar e compreender essas novas *ontologias climáticas*²⁶⁸ e novas utopias críticas^{269,270,271}, no sentido de produção de heterotopias e construção de teorias-outras de abordagem crítica, que seguem relevantes às sociedades latino-americanas²⁷², ainda demanda muito fomento e empenho dos cientistas sociais em seu sentido amplo.

268 SALMI, Frederico *et al.* Ontologias climáticas: um mundo de mundos em disputa. **Simbiótica: Revista Eletrônica**, Vitória, v. 10, n. 3, p. 1-14, 2023.

269 EL-OJELLI, Chamsy. **The Utopian Constellation: Future-Oriented Social and Political Thought Today**. Cham: Springer International Publishing, 2020.

270 LEVITAS, Ruth. For Utopia: The (limits of the) Utopian function in late capitalist society. **Critical Review of International Social and Political Philosophy**, [s. l.], v. 3, n. 2-3, p. 25-43, 2000.

271 SALMI, Frederico; FLEURY, Lorena Cândido. Sociologia da utopia crítica no nexo das mudanças climáticas. **Tramas y Redes**, Buenos Aires, n. 3, p. 91-111, 2022.

272 MARTINS, Paulo Henrique. Teoria crítica da colonialidade: rumos de uma teoria crítica plural, descolonizada, cosmopolita e fronteiriça. **Novos Rumos Sociológicos**, [s. l.], v. 9, n. 15, p. 159-194, 2021.

Com relação a estudos futuros, diante da incipiente produção científica da questão climática, em uma perspectiva sociológica no Brasil²⁷³, como a recente questão das tecnologias digitais no nexa com a pauta climática²⁷⁴ e da interdisciplinaridade no nexa ideológico-utópico das políticas de mudanças climáticas^{275,276}, torna-se patente a necessidade de compreender, empírica, conceitual e metodologicamente, esses novos paradigmas que se impõem ao campo da sociologia não só no Brasil, mas em toda a América Latina – região considerada zona de sacrifício e território a ser explorado, material e subjetivamente, “até a última gota”.

Em síntese, sem essa apropriação de conhecimentos científicos específicos e apropriação tecnológica de arranjos de infraestruturas complexas por parte de uma *metacoalizã* – que inclui os povos indígenas, as comunidades quilombolas e os arranjos de cientistas em rede –, é impensável produzir formas de transiçã justa em territórios que estã sob extrativismos intensos e extensos. Nesse sentido, a questã da apropriaçã tecnológica pela sociedade civil^{277,278}, aliada à construçã de novos imaginários coletivos sobre essas novas tecnologias digitais de vigilância, constitui um novo fenômeno social contemporâneo e um novo paradigma sociológico associado à construçã de novos e alternativos futuros climáticos imaginados, que possam produzir efetivamente transiçõs justas para as comunidades mais vulneráveis.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, Henri; MICHELOTTI, Fernando. Neoeextrativismo: entre critérios quantitativos e qualitativos. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 1-15, 2024. Disponível em: <https://www.scielo>.

273 SALMI, Frederico; FLEURY, Lorena Cândido. Mudanças climáticas e Ciências Sociais: análise bibliométrica do campo (2011-2021). **BIB**: Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais, [s. l.], v. 1, n. 97, p. 1-19, 2022.

274 SALMI, Frederico; FLEURY, Lorena Cândido. Plataformas digitais e seus efeitos nas políticas de mudança climática. In: SIMPÓSIO PPGCOM UERJ – TERRITÓRIOS, TECNOLOGIAS E CULTURAS, 3. 2023. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: UERJ, 2023. p. 1-6.

275 COELHO, Gabriel Bandeira; ALMEIDA, Jalcione. Interdisciplinaridade ambiental e democracia pluralista: uma reflexão a partir do conceito de agonismo de Chantal Mouffe. **Revista Brasileira de Sociologia**, [s. l.], v. 9, n. 23, p. 9-34, 2021.

276 SALMI, Frederico; COELHO, Gabriel Bandeira. Utopias ciberclimáticas e interdisciplinaridade. **Ambiente & Educação**, Rio Grande, v. 28, n. 1, p. 1-25, 2023.

277 RIVOIR, Ana Laura (org.). **Tecnologías digitales y transformaciones sociales**: desigualdades y desafíos en el contexto latinoamericano actual. Buenos Aires; Montevideo: CLACSO; Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de la República - Uruguay; Observatic, 2020.

278 RIVOIR, Ana; MORALES, María Julia (org.). **Tecnologías digitales**: miradas críticas de la apropiación en América Latina. Buenos Aires: CLACSO; Montevideo: RIAT, 2019.



br/j/rbeur/a/k7wKJ5H5vv8JQM6BmDBmQLD/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 19 mar. 2026.

AGUIAR, Joci. **Quem precisa de justiça climática no Brasil?** [S. l.]: Gênero & Clima; Observatório do Clima, 2022. Disponível em: https://oc.eco.br/wp-content/uploads/2022/08/Quem_precisa_de_justica_climatica-DIGITAL.pdf. Acesso em: 13 jul. 2023.

ALTIERI, Daniel (org.). **Imaginarios y tecnologías**. Interpretaciones de la digitalización de la vida. Veracruz: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, 2022.

AMAZÔNIA DE PÉ. **Movimento Amazônia de Pé**. 2026. Disponível em: <https://amazoniadepe.org.br/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

AMAZONFACE. 2026. Disponível em: <https://amazonface.unicamp.br/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

ANDREONI, Manoela. Brazil's Clashing Goals: Protect the Amazon and Pump Lots More Oil. **The New York Times**, New York, mar. 2024. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2024/03/13/climate/brazil-oil-production.html>. Acesso em: 19 mar. 2026

ARÁOZ, Horacio Machado. **Mineração, genealogia do desastre: o extrativismo na América como origem da modernidade**. São Paulo: Elefante, 2020.

AROCENA, Felipe; SANSONE, Sebastián. **Acelaración: ¿qué significa ser humano en la era de la inteligencia artificial y la ingeniería genética?** Montevideo: Estuario, 2023.

ARTICULAÇÃO DOS POVOS INDÍGENAS DO BRASIL (APIB). **Articulação dos Povos Indígenas do Brasil**. 2026. Disponível em: <https://apiboficial.org/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

ARTOPOULOS, Alejandro. Imaginarios de IA generativa en educación: Chatbots que enseñan, bicicletas eléctricas y el quinto Beatle. **Hipertextos**, Buenos Aires, v. 11, n. 19, p. 70-88, 2023. Disponível em: <https://revistas.unlp.edu.ar/hipertextos/article/view/15266/14463>. Acesso em: 18 mar. 2024.

ARTOPOULOS, Alejandro. Orígenes del subdesarrollo informacional de la industria del software al extractivismo de talento en Argentina (2002-2019). In: RIVOIR, Ana Laura (org.). **Tecnologías digitales y transformaciones sociales: desigualdades y desafíos en el contexto latinoamericano actual**. Buenos Aires; CLACSO; Montevideo: Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de la República - Uruguay; Observatic, 2020. p. 31-58.

BARROS, Antonio Teixeira de. Razões militantes em primeira pessoa: análise de práticas de ativismo político no Facebook. **Revista Brasileira de Sociologia**, [s. l.], v. 10, n. 25, p. 36, 2022. Disponível em: <https://rbs.sbsociologia.com.br/rbs/article/view/860/421>. Acesso em: 20 jul. 2023.

BECK, Ulrich; VAN LOON, Joost. “Until the Last Ton of Fossil Fuel Has Burnt to Ashes”: Climate Change, Global Inequalities and the Dilemma of Green Politics. In: HELD, D.; THEROS, M.; FANE-HERVEY, A. (org.). **The Governance of Climate Change**. Cambridge: Polity Press, 2013. p. 111-134.

BRINGEL, Breno; SVAMPA, Maristella. Del «Consenso de los Commodities» al «Consenso de la Descarbonización». **Nueva Sociedad**, [s. l.], v. 306, p. 51-70, 2023. Disponível em: <https://nuso.org/articulo/306-del-consenso-de-los-commodities-al-consenso-de-la-descarbonizacion/>. Acesso em: 19 mar. 2026.

BROCK, Andrea. A green extractivist railway? Exploring the political ecology of Europe’s largest infrastructure project. **Journal of Political Ecology**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 1-28, 2023. Disponível em: <http://journals.librarypublishing.arizona.edu/jpe/article/id/5637/>. Acesso em: 12 out. 2023.

BRULLE, Robert J.; ROBERTS, J. Timmons. The First Portrait of Climate Obstruction across Europe. In: BRULLE, Robert J.; ROBERTS, J. Timmons; SPENCER, Miranda C. (org.). **Climate obstruction across Europe**. New York: Oxford University Press, 2024. p. 1-25.

BÜLOW, Marisa Von; DIAS, Tayrine. O ativismo de hashtags contra e a favor do impeachment de Dilma Rousseff. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, [s. l.], n. 120, p. 5-32, 2019. Disponível em: <http://journals.openedition.org/rccs/9438>. Acesso em: 19 jan. 2024.

CALDERÓN, Fernando (org.). **Navegar contra el viento: América Latina en la era de la información**. Buenos Aires: UNSAM Edita, 2018.



CALDERÓN, Fernando. La cultura, el sujeto y el desarrollo humano informacional. Notas conceptuales. In: CALDERÓN, Fernando (org.). **Navegar contra el viento: América Latina en la era de la información**. San Martín, provincia de Buenos Aires, Argentina: UNSAM Edita, 2018. p. 25-74.

CANCELA, Cecilia Muñoz; KASPARIAN, Denise; GRASAS, Julieta. Análisis socio-técnico de la implementación argentina de la plataforma cooperativa CoopCycle. **Otra Economía**, [s. l.], v. 16, n. 29, p. 41-59, 2023. Disponível em: <https://revistas.ungs.edu.ar/index.php/otraeconomia/article/view/723/880>. Acesso em: 23 fev. 2024.

CASTELLS, Manuel. América Latina en la era de la información. Un diagnóstico riguroso y necesario. In: CALDERÓN, Fernando (org.). **Navegar contra el viento: América Latina en la era de la información**. Buenos Aires: UNSAM Edita, 2018. p. 9-10.

CLIMA DE ELEIÇÃO. **Legislações climáticas**. 2026. Disponível em: <https://climadeeleicao.com.br/legislacoes-climaticas/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

COALIZÃO DIREITOS NA REDE. **Direitos na Rede**. 2026. Disponível em: <https://direitosnarede.org.br/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

COELHO, Gabriel Bandeira; ALMEIDA, Jalcione. Interdisciplinaridade ambiental e democracia pluralista: uma reflexão a partir do conceito de agonismo de Chantal Mouffe. **Revista Brasileira de Sociologia**, [s. l.], v. 9, n. 23, p. 9-34, 2021. Disponível em: <https://rbs.sbsociologia.com.br/index.php/rbs/article/view/669>. Acesso em: 30 nov. 2023.

COSTA, Everton Garcia da; COELHO, Gabriel Bandeira; SALMI, Frederico. Quem tem medo do ChatGPT? Reflexões sobre os impactos das novas IAs sobre a vida social e na academia. **Brazilian Journal of Education, Technology and Society (BRAJETS)**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 891-904, 2023.

COSTA, Flavia. **Tecnoceno: Algoritmos, biohackers y nuevas formas de vida**. Buenos Aires: Taurus, 2021.

DAVID, Marília Luz *et al.* A sociologia da ciência e da tecnologia no Brasil: uma análise a partir da produção em periódicos A1 entre 2010 e 2018. **Sociedade e Estado**, [s. l.], v. 37, p. 217-244, 2022. Disponível em: <https://>

www.scielo.br/j/se/a/4jnbTGsCjNwy3mnkh9Jvfgy/?format=pdf&lang=pt.

Acesso em: 20 jul. 2023.

DOWBOR, Monika; RESENDE, Roberta Carnelos; RUSCHEINSKY, Aloísio. Compensatory measures in technological disasters: a neglected link? Medidas compensatórias nos desastres tecnológicos: um elo negligenciado.

Ciências Sociais UNISINOS, São Leopoldo, v. 59, n. 3, p. 1-23, 2023.

Disponível em: https://revistas.unisinós.br/index.php/ciencias_sociais/article/view/26444. Acesso em: 19 maio 2024.

DUNLAP, Alexander. The Structures of Conquest: Debating Extractivism(s), Infrastructures and Environmental Justice for Advancing Post-Development Pathways. **Revue Internationale de Politique de Développement**, [s. l.], n. 16, p. 1-31, 2023. Disponível em: <http://journals.openedition.org/poldev/5355>. Acesso em: 27 jun. 2023.

ELLIOTT, Anthony. **Making sense of AI**: our algorithmic world. Cambridge; Medford: Polity Press, 2022.

ELLIOTT, Anthony. **The Culture of AI**: Everyday Life and the Digital Revolution. Londres; Nova Iorque: Routledge, 2019.

EL-OJEILI, Chamsy. **The Utopian Constellation**: Future-Oriented Social and Political Thought Today. Cham: Springer International Publishing, 2020.

ERTHAL, João Paulo Casaro *et al.* (org.). **Epistemologias Plurais**: ciências humanas, naturais e lógico-matemáticas na pesquisa e formação de professores. Campos dos Goytacazes: Encontrografia, 2024.

FLEURY, Lorena Cândido; ALMEIDA, Jalcione; PREMEBIDA, Adriano. O ambiente como questão sociológica: conflitos ambientais em perspectiva. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 16, p. 34-82, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/soc/a/jyXLbgZPFZH6d8hNYpyZhNz/>. Acesso em: 3 out. 2023.

FLEURY, Lorena Cândido; MIGUEL, Jean Carlos Hochsprung; TADDEI, Renzo. Mudanças climáticas, ciência e sociedade. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 21, n. 51, p. 18-42, 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-45222019000200018&tlng=pt. Acesso em: 1 ago. 2022.



GUDYNAS, Eduardo. Postextractivismo y alternativas a la megaminería. In: BENALCÁZAR, Patrício (org.). **Resistencia: minería, impactos y luchas**. Cuenca: Universidad de Cuenca, 2022. p. 171-194.

GUDYNAS, Eduardo. Violencias y desarrollos: asociaciones inevitables y esenciales. **Observatorio del Desarrollo: Investigación, reflexión y análisis**, [s. l.], v. 12, n. 34, p. 7-19, 2023. Disponível em: <https://estudiosdeldesarrollo.mx/observatoriodeldesarrollo/wp-content/uploads/2023/08/OD34-1.pdf>. Acesso em: 26 set. 2023.

HARAWAY, Donna Jeanne. Tentacular Thinking: Anthropocene, Capitalocene, Chthulucene. **E-flux journal**, [s. l.], n. 75, p. 1-17, 2016. Disponível em: <https://www.e-flux.com/journal/75/67125/tentacular-thinking-anthropocene-capitalocene-chthulucene/>. Acesso em: 26 set. 2023.

INCT PARTICIPA. 2026. Disponível em: <https://inctparticipa.org/>. Acesso em: 1 nov. 2025.

INSTITUTO DE REFERÊNCIA NEGRA PEREGUM. **Coalizão Negra por Direitos**. 2026. Disponível em: <https://peregum.org.br/projetos/coalizao-negra-por-direitos/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

JACKSON, Sarah J.; BAILEY, Moya; FOUCAULT WELLES, Brooke. **#HashtagActivism: Networks of Race and Gender Justice**. Boston: The MIT Press, 2020.

JORON, Philippe. Sós todos juntos: peles digitais e fissuras digitais. In: GUTFREIND, Cristiane Freitas; SILVA, Juremir Machado da; JORON, Philippe (org.). **Laço social e tecnologia em tempos extremos: imaginário, redes e pandemia**. Porto Alegre: Sulina, 2020. p. 17-29.

JUSAMAZÔNIA. 2026. Disponível em: <https://www.jusamazonia.com.br/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

KASPARIAN, Denise. La implementación local de cooperativas de plataforma. **Revista del Centro de Estudios de Sociología del Trabajo (CESOT)**, [s. l.], n. 14, p. 107-148, 2022. Disponível em: <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/CESOT/article/view/2266>. Acesso em: 26 fev. 2024.

KREIMER, Pablo. Techno-Scientific Promises, Disciplinary Fields, and Social Issues in Peripheral Contexts. **Science as Culture**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 83-108, 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09505431.2022.2101918>. Acesso em: 31 ago. 2025.

KRENAK, Ailton. **Futuro ancestral**. São Paulo: Companhia das Letras, 2022.

KRENAK, Ailton. **Ideias para adiar o fim do mundo**. São Paulo: Schwarz, 2019.

LARRONDO-URETA, Ainara; MORALES-I-GRAS, Jordi; TERRADILLOS, Julen. El hashtivismo feminista en España: grado de politización del movimiento en la conversación digital en torno a #YoSíTeCreo, #HermanaYoSíTeCreo, #Cuéntalo y #NoEstásSola. **Communication & Society**, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 207-221, 2019. Disponível em: <https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/58413/2/34734-109676-1-PB.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2026.

LEVITAS, Ruth. For Utopia: The (limits of the) Utopian function in late capitalist society. **Critical Review of International Social and Political Philosophy**, [s. l.], v. 3, n. 2-3, p. 25-43, 2000. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13698230008403311>. Acesso em: 28 maio 2022.

LYNCH, Cecelia. Critical Interpretation and Interwar Peace Movements: Challenging Dominant Narratives. In: YANOW, Dvora; SCHWARTZ-SHEA, Peregrine (org.). **Interpretation and method**: empirical research methods and the interpretive turn. London; New York: Routledge, 2015. p. 300-308.

MALM, Andreas; ZETKIN COLLECTIVE. **White skin, black fuel**: on the danger of fossil fascism. London; New York: Verso, 2021.

MAPBIOMAS. **MapBiomás Brasil**. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

MARTÍNEZ, Beatriz Elena Jiménez. Alternativas de organización para emprendedores indígenas: Procesos de apropiación social del conocimiento a partir de su cosmovisión. **Entretextos**, [s. l.], v. 8, n. 23, p. 1-14, 2016.



Disponível em: <https://revistasacademicas.iberoleon.mx/index.php/entretextos/article/view/361/281>. Acesso em: 22 set. 2024.

MARTINS, Hermínio. **The Technocene**. Nova Iorque: Anthem Press, 2018.

MARTINS, Paulo Henrique. Teoria crítica da colonialidade: rumos de uma teoria crítica plural, descolonizada, cosmopolita e fronteiriça. **Novos Rumos Sociológicos**, [s. l.], v. 9, n. 15, p. 159-194, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/NORUS/article/view/21672>. Acesso em: 10 mar. 2026.

MONITOR AMAZÔNIA LIVRE DE PETRÓLEO. **Arayara**. 2026. Disponível em: <https://monitor.amazonialivredepetroleo.org/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

MOORE, Jason W. (org.). **Antropoceno ou Capitaloceno?** Natureza, história e a crise do capitalismo. São Paulo: Elefante, 2022.

MORALES, Susana; VIDAL, Elizabeth (org.). **¿Quién se apropia de qué?:** tecnologías digitales en el capitalismo de plataformas. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CLACSO, 2022.

MOROZOV, Evgeny. Digital Socialism. **New Left Review**, [s. l.], n. 116-117, p. 33-67, 2019. Disponível em: <https://newleftreview.org/issues/ii116/articles/evgeny-morozov-digital-socialism>. Acesso em: 19 mar. 2026.

NASCIMENTO, Leonardo F *et al.* Públicos refratados: grupos de extrema-direita brasileiros na plataforma Telegram. **Internet & Sociedade**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 31-60, 2022. Disponível em: <https://revista.internetlab.org.br/wp-content/uploads/2023/01/publicos.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2026.

OBSERVATÓRIO DO CARVÃO MINERAL. 2026. Disponível em: <https://observatoriodocarvao.org.br/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. 2026. Disponível em: <https://oc.eco.br/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Sistema inédito monitora dados de exploração de petróleo na Amazônia**. 2023. Disponível em: <https://www.observatorio.org.br/>

oc.eco.br/sistema-inedito-monitorea-dados-de-exploracao-de-petroleo-na-amazonia/. Acesso em: 19 mar. 2026.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. “A Petrobras irá até a última gota de petróleo”, afirma Jean Paul Prates, o presidente da estatal. #Rio60Graus é um oferecimento de uma das petroleiras mais lucrativas do mundo. A transição para energia limpa é urgente! #Petrobrasa. **X**, 20 mar. 2024. Disponível em: <https://x.com/obsclima/status/1770544576467464430?t=LNckHZlsofEVeXMmrk1ulg&s=03>. Acesso em: 19 mar. 2026.

OBSERVATÓRIO DO PETRÓLEO E GÁS. 2026. Disponível em: <https://observatoriodopetroleo.org/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

OBSERVATORIO PARLAMENTARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO Y TRANSICIÓN JUSTA (OPCC). 2026. Disponível em: <https://opcc.cepal.org/es>. Acesso em: 10 mar. 2026.

PLATFORM COOPERATIVISM CONSORTIUM. 2026. Disponível em: <https://platform.coop/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

POLÍTICA POR INTEIRO. **Monitor de atos públicos**. 2026. Disponível em: <https://politicaporinteiro.org/monitor-de-atos-publicos/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

PREMEBIDA, Adriano; NEVES, Fabrício; DUARTE, Tiago. **Investigações contemporâneas em estudos sociais da ciência e tecnologia**. Jundiá: Paco Editorial, 2015.

RECALDE, Marina Yesica Icon. **Sistemas Energéticos, Mercado y Estado**: El rol de los recursos naturales energéticos y la política energética en el caso argentino. Madrid: Editorial Académica Española, 2011.

RIVOIR, Ana Laura (org.). **Tecnologías digitales y transformaciones sociales**: desigualdades y desafíos en el contexto latinoamericano actual. Buenos Aires; Montevideo: CLACSO; Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de la República - Uruguay; Observatic, 2020.

RIVOIR, Ana Laura. Personas mayores y tecnologías digitales. Revisión de antecedentes sobre las desigualdades en la apropiación. In: RIVOIR,



Ana Laura; MORALES, María Julia (org.). **Tecnologías digitales**: Miradas críticas de la apropiación en América Latina. Buenos Aires: CLACSO; Montevideo: RIAT, 2019. p. 51-68. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/10.2307/j.ctvt6rmh6>. Acesso em: 28 set. 2023.

RIVOIR, Ana. Globalización y digitalización. Reflexiones en torno a las consecuencias de la pandemia por COVID-19 iniciada en 2020. In: MORALES, Susana; VIDAL, Elizabeth (org.). **¿Quién se apropia de qué?:** tecnologías digitales en el capitalismo de plataformas. Buenos Aires: CLACSO, 2022. p. 39-48.

RIVOIR, Ana; MORALES, María Julia (org.). **Tecnologías digitales**: miradas críticas de la apropiación en América Latina. Buenos Aires: CLACSO; Montevideo: RIAT, 2019. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/10.2307/j.ctvt6rmh6>. Acesso em: 28 set. 2023.

SABARIEGO, Jesus; AMARAL, Augusto Jobim; SALLES, Eduardo B. C. (org.). **Algoritismo**. São Paulo; Valência: Tirant lo Blanch, 2020.

SALMI, Frederico *et al.* Ontologias climáticas: um mundo de mundos em disputa. **Simbiótica**: Revista Eletrônica, Vitória, v. 10, n. 3, p. 1-14, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/simbiotica/article/view/43385>. Acesso em: 1 jan. 2024.

SALMI, Frederico. Ética climática e categorias analíticas: potencial teórico-normativo para formuladores de políticas. **Revista Geotemas**, Pau de Ferros, v. 11, p. 1-25, 2021. Disponível em: <http://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/2951/2675>. Acesso em: 28 maio 2022.

SALMI, Frederico; COELHO, Gabriel Bandeira. Utopias ciberclimáticas e interdisciplinaridade. **Ambiente & Educação**, Rio Grande, v. 28, n. 1, p. 1-25, 2023. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/15218/10247>. Acesso em: 17 maio 2024.

SALMI, Frederico; DOWBOR, Monika; FLEURY, Lorena Cândido. Metacoalizador e os novos papéis de broker: o caso Observatório do Clima. **Revista Tempo Social**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 239-259, 2024. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ts/article/view/220653>. Acesso em: 17 maio 2024.

SALMI, Frederico; FLEURY, Lorena Cândido. Plataformas digitais e seus efeitos nas políticas de mudança climática. In: SIMPÓSIO PPGCOM UERJ – TERRITÓRIOS, TECNOLOGIAS E CULTURAS, 3. 2023. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: UERJ, 2023. p. 1-6.

SALMI, Frederico; FLEURY, Lorena Cândido. Mudanças climáticas e Ciências Sociais: análise bibliométrica do campo (2011-2021). **BIB: Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais**, [s. l.], v. 1, n. 97, p. 1-19, 2022. Disponível em: <https://bibanpocs.emnuvens.com.br/revista/article/view/574/630>. Acesso em: 19 mar. 2026.

SALMI, Frederico; FLEURY, Lorena Cândido. Sociologia da utopia crítica no nexos das mudanças climáticas. **Tramas y Redes**, Buenos Aires, n. 3, p. 91-111, 2022. Disponível em: <https://biblioteca-repositorio.clacso.edu.ar/bitstream/CLACSO/171396/1/Tramas-y-redes-N3-6.pdf>. Acesso em: 2 jan. 2023.

SALMI, Frederico; FLEURY, Lorena Cândido. Tecnoextrativismo Ontológico, o Caso Amazônia NFT: “Compre NFT para Salvar NFT”, disse Leviatã 5.0. **Mediações: Revista de Ciências Sociais**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 1-23, 2024. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/mediacoes/article/view/49876>. Acesso em: 29 ago. 2024.

SCHOLZ, R. Trebor. **Own this!** How platform cooperatives help workers build a democratic Internet. London; New York: Verso, 2023.

SILVEIRA, Sérgio A.; SOUZA, Joyce; CASSINO, João F. (org.). **Colonialismo de dados: como opera a trincheira algorítmica na guerra neoliberal**. São Paulo: Autonomia Literária, 2021.

SILVER, David; MASSANARI, Adrienne (org.). **Critical cyberculture studies**. New York: New York University Press, 2006.

SUÁREZ, Daniel H.; ARGNANI, Agustina Nuevas formas de organización colectiva y producción de saber pedagógico: la red de formación docente y narrativas pedagógicas. **Revista da FAEBA: Educação e Contemporaneidade**, Salvador, v. 20, n. 36, p. 43-56, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/faeaba/article/view/298/248>. Acesso em: 19 mar. 2026.



SVAMPA, Maristella. Transición energética corporativa. El triángulo sudamericano del litio como caso testigo. In: LANG, Miriam; BRINGEL, Breno; MANAHAN, Ann (org.). **Más allá del colonialismo verde: justicia global y geopolítica de las transiciones ecosociales**. Buenos Aires: CLACSO, 2023. p. 69-84.

SVAMPA, Maristella; VIALE, Enrique. **El colapso ecológico ya llegó: una brújula para salir del (mal)desarrollo**. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Siglo Veintiuno, 2021.

TAPAJÓS DE FATO. 2026. Disponível em: <https://www.tapajosdefato.com.br/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

TURNER, Fred. **From counterculture to cyberculture: Stewart Brand, the Whole Earth Network, and the rise of digital utopianism**. Chicago: University of Chicago Press, 2008.

WAINWRIGHT, Joel; MANN, Geoff. **Climate Leviathan: a political theory of our planetary future**. London; New York: Verso, 2018.

WEBER, Max. **A ética protestante e o espírito do capitalismo**. São Paulo: Martin Claret, 2013.

YANOW, Dvora. Thinking Interpretively: Philosophical Presuppositions and the Human Sciences. In: YANOW, Dvora; SCHWARTZ-SHEA, Peregrine (org.). **Interpretation and method: empirical research methods and the interpretive turn**. London; New York: Routledge, 2015. p. 5-26.

ŻUK, Piotr; CONVERSI, Daniele; ŻUK, Paweł. Conceptualising energy nationalism in the context of climate change: framework and review. **Frontiers in Energy Research**, [s. l.], v. 12, p. 1-14, 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2024.1349581/full>. Acesso em: 7 out. 2024.



TRANSIÇÃO JUSTA: O TERRITÓRIO TAPUYA-KARIRI E AS PROPOSTAS DE *PLANTATIONS* ENERGÉTICAS

Táyanna Maria de Assis Rodrigues²⁷⁹

Resumo: O presente capítulo pretende refletir as consequências da morosidade dos processos de demarcação de territórios indígenas diante do avanço de propostas de transição justa em prol do desenvolvimento socioeconômico, partindo das propostas de transição energética apresentadas pela Empresa Santa Clara Energias Renováveis LTDA ao povo Tapuya-Kariri, de São Benedito/CE. Considerando seus impactos no contexto da Aldeia Gameleira, território com relações socioeconômicas complexas entre indígenas e não indígenas em torno da terra. Ademais, utiliza da observação participante e de entrevistas semiestruturadas com interlocutoras/es indígenas que apontam suas preocupações diante das ameaças iminentes em um território sem demarcação. Considera, ainda, as implicações sociais e étnico-raciais que constroem essas interações e as torna(ra)m indispensáveis.

279 Bacharela em Ciências Sociais pela Universidade Estadual Vale do Acaraú (UEVA), instituição na qual atuou como bolsista acadêmica de inclusão social (2018-2019 e 2022), com foco principalmente nos seguintes temas: Povos e Comunidades Tradicionais, Etnologia Indígena e Pesquisa Etnográfica. Em 2024, integrou o grupo de pesquisadores/as do Programa de Pesquisa “*Agricultura Familiar e Segurança Hídrica: um estudo sobre a produção de alimentos na Serra da Ibiapaba*”, desenvolvido pela Universidade Estadual Vale do Acaraú. Em 2025, concluiu o mestrado em Ciências Sociais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade (CPDA), da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Atualmente, é doutoranda em Antropologia pelo Programa de Pós-Graduação em Sociologia e Antropologia (PPGSA) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Desde o mestrado, é bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).



INTRODUÇÃO

O presente capítulo busca refletir sobre as consequências da morosidade dos processos de demarcação de territórios indígenas diante do avanço de propostas de transição justa em prol do desenvolvimento socioeconômico. Cabe destacar que este estudo se limita ao recorte que concentra a ressurgência étnica Tapuya-Kariri, em São Benedito/CE, e as propostas de alternativas de transição energética apresentadas pela Empresa Santa Clara Energias Renováveis LTDA, principalmente a instalação experimental de placas fotovoltaicas.

O lócus de pesquisa trata da Aldeia Gameleira²⁸⁰, localizada entre as cidades de São Benedito e Carnaubal, ambas na Serra da Ibiapaba, região noroeste do Estado do Ceará. É uma comunidade rural e de clima semiárido cuja localização geográfica é palco de disputas intermunicipais e interestaduais, considerando que a Serra da Ibiapaba faz fronteira com o Estado do Piauí, sendo este o contexto no qual o povo Tapuya-Kariri luta pela demarcação do seu território²⁸¹.

É importante ressaltar que a Aldeia Gameleira se destaca economicamente pelas *plantations* de batata-doce – embora tenha outras culturas, como tomate, pimentão, milho e feijão – todas pertencentes a não indígenas. Dito isso, a principal motivação para os conflitos entre indígenas e fazendeiros, chamados de posseiros²⁸², está em torno do acesso à terra.

Embora a etnia Tapuya-Kariri seja devidamente reconhecida pela Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI) desde 2007, a etapa de estudo antropológico está paralisada²⁸³, fator que impede que o processo de demarcação seja efetivado e a terra homologada. Com isso, os desentendimentos entre indígenas e não indígenas, disputando espaço para vivência, trabalho e plantio, tornam-se inevitáveis.

O território encontra-se fragmentado, o monocultivo de batata-doce é predominante, no entanto as *plantations* se dividem entre cinco grandes posseiros e alguns pequenos posseiros – cujo número exato não foi informado.

280 A localidade chama-se Sítio Carnaúba II, mas os Tapuya-Kariri se referem a ela desta maneira, portanto esse será o termo utilizado para se referir à localidade ao longo do capítulo.

281 Não irei aprofundar essa temática, mas deixo registrado aqui uma pequena citação sobre o contexto dessas disputas: "Além dos posseiros, nosso povo vive sob a ameaça de duas disputas. A primeira é entre os municípios de Carnaubal e São Benedito. Apesar de a maior parte do nosso território estar geograficamente em Carnaubal, nos reconhecemos como de São Benedito e queremos seguir dessa forma. A segunda ameaça é o litígio entre os estados do Ceará e Piauí. Mais uma vez, nosso território encontra-se em meio a esse conflito, pois a área que o Estado do Piauí reivindica corresponde à Serra da Ibiapaba, na qual estamos inseridos e igualmente queremos ter nosso direito de pertencer ao Ceará respeitado" (ESPLAR – CENTRO DE PESQUISA E ACESSORIA. **Protocolo de consulta prévia do povo Tapuya-Kariri**. Fortaleza: ESPLAR, 2023. p. 7).

282 Termo utilizado pelos Tapuya-Kariri para se referir aos não indígenas que residem em suas terras e que também será utilizado ao longo deste capítulo.

283 ASSOCIAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO LOCAL CO-PRODUZIDO (ADELCO); ESPLAR. **Situação dos Povos Indígenas do Ceará**. Fortaleza: ADELCO; ESPLAR, 2017.

Os principais nomes mencionados são Ademir, ex-prefeito de Carnaubal/CE, que cercou mais de 300 hectares (ha) – incluindo os Buracos dos Tapuya²⁸⁴ – e a família de Antônio Isaías, posseiro que começou a cercar as terras na Aldeia Gameleira, deixando parte de sua herança para o filho, atualmente dividida entre seus netos Charles – principal empregador da Aldeia Gameleira – e seus dois irmãos, Carlos Henrique e Gilmar²⁸⁵.

De acordo com o Protocolo de Consulta Tapuya-Kariri²⁸⁶, a comunidade possui cerca de 1.083 indígenas, somando mulheres, homens, crianças, jovens e idosos. A principal ocupação consiste no trabalho como agricultores/as para posseiros; além de pequenos cultivos de hortaliças, milho, árvores frutíferas e plantas medicinais em seus quintais.

Aqueles que conseguiram ter acesso ao Ensino Técnico e/ou Superior atuam como professores na Escola Indígena Francisco Gonçalves de Sousa; como Agentes de Saúde na Unidade de Pronto Atendimento (UPA) e/ou na Unidade Básica de Saúde (UBS) e/ou como Agentes Indígenas de Saneamento Básico (AISAN).

Diante das violações e ameaças ao direito de consulta livre, prévia, informada e de boa-fé – garantida pela Convenção n. 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT), realizada em 1989²⁸⁷ – sofridas pela comunidade antes e após sua ressurgência e reconhecimento étnico, trago, neste estudo, os embates mais recentes, que se referem às propostas de instalação de energias renováveis.

De acordo com informações do Protocolo de Consulta Tapuya-Kariri²⁸⁸, no ano de 2017, o território sofreu ameaças da instalação de eólicas *onshore* (em terra) pela Empresa Santa Clara.

284 Territórios considerados sagrados e morada dos Encantados, local de extrema importância para o povo Tapuya-Kariri e ponto de conexão com sua ancestralidade, frequentemente visitados para orações, entrega de oferendas e atividades extracurriculares da Escola Indígena Francisco Gonçalves de Sousa. Ver mais em: RODRIGUES, Táyyna Maria de Assis. **Afetos indígenas na plantation**: uma etnografia sobre a terra do povo Tapuya-Kariri. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025; *Id.* **Uma etnografia do parentesco e da produção de território dos Tapuya Kariri de São Benedito/CE**. Sobral: Universidade Estadual Vale do Acaraú, 2022.

285 RODRIGUES, Táyyna Maria de Assis. **Afetos indígenas na plantation**: uma etnografia sobre a terra do povo Tapuya-Kariri. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

286 ESPLAR – CENTRO DE PESQUISA E ACESSORIA. **Protocolo de consulta prévia do povo Tapuya-Kariri**. Fortaleza: ESPLAR, 2023.

287 Convenção n. 169 da OIT, de 1989 (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT)). **Convenção n. 169 da OIT sobre Povos Indígenas e Tribais**. Genebra: OIT, 1989), que alterou a Convenção n. 107, de 1957, que era integracionista por essência, tanto que era aplicada aos membros das comunidades tribais e semitribais, inclusive indígenas, enquanto a Convenção n. 169 é aplicada aos povos indígenas e tribais (MARÉS, Carlos. A força vinculante do protocolo de consulta. *In*: GLASS, Verena *et al.* (org.). **Protocolos de consulta prévia e o direito à livre determinação**. São Paulo: Fundação Rosa Luxemburgo; CEPEDIS, 2019. p. 19-45).

288 ESPLAR – CENTRO DE PESQUISA E ACESSORIA, *op. cit.*

Nossa liderança, Luiz Marques do Nascimento, à época presidente da Associação dos Tapuya-Kariri, recebeu convite para participar de uma audiência pública no município de Carnaubal. A audiência era para apresentar o projeto da empresa Santa Clara que pretendia instalar eólicas no território indígena. Durante a apresentação, o discurso da empresa era de geração de empregos para os jovens indígenas e não indígenas do município. Na ocasião, nossa liderança Luiz Marques se posicionou contrário ao projeto, pois o povo Tapuya-Kariri não estava sendo consultado e que, portanto, não reconhecia aquela audiência como uma consulta e que nosso povo desconhecia tal projeto. Após a audiência, a empresa Santa Rosa²⁸⁹, sem o nosso conhecimento e consentimento, enviou entrevistadores para a aldeia. Eles visitaram algumas famílias, apresentando o empreendimento com a mesma promessa de emprego para os jovens²⁹⁰.

Além de desrespeitar a decisão contrária à instalação da energia eólica, tempos depois, no ano de 2024, a mesma empresa instalou placas de energia fotovoltaica ao lado de um dos Buracos dos Tapuya. Ao serem questionados, relataram que a instalação aconteceu de forma experimental, e que compraram o lote de terra do posseiro Ademir, mencionado anteriormente, que não teria especificado que se localizava no território Tapuya-Kariri.

Após uma conversa informal com os representantes da empresa Santa Clara, as lideranças Tapuya-Kariri buscaram a Procuradoria Geral do município de Sobral/CE, e o caso segue em tramitação. Como medida para proteger o território de novas investidas, a Cacica Andrea Kariri solicitou que seu marido, João, realizasse a limpeza do terreno e plantio de uma roça com outros indígenas, uma forma de retomada dos terrenos²⁹¹.

A presença de placas fotovoltaicas não é incomum na Aldeia Gameleira. Embora não faça parte de forma evidente da paisagem, os posseiros têm investido no uso de painéis solares para reduzir os gastos com energia elétrica. O posseiro Charles é apontado como o maior investidor dessa tecnologia, consi-

289 De acordo com relatos dos meus interlocutores/as, essa seria uma segunda empresa interessada em instalar torres eólicas, mas com os embates entre os Tapuya-Kariri e a empresa Santa Clara, após os questionários, não retornou para a aldeia.

290 ESPLAR – CENTRO DE PESQUISA E ASSESSORIA. **Protocolo de consulta prévia do povo Tapuya-Kariri**. Fortaleza: ESPLAR, 2023. p. 8.

291 RODRIGUES, Táyna Maria de Assis. **Afetos indígenas na plantation: uma etnografia sobre a terra do povo Tapuya-Kariri**. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025. p. 8.

derando que suas *plantations* de batata-doce ocupam a maior parte do território e possuem seis poços artesianos, todos movidos por motores de extração e aspersão de água em pleno funcionamento, otimizando a produção em larga escala e reduzindo ao máximo os custos fixos²⁹².

Tais relatos e reflexões merecem ser analisados sob a perspectiva de Denise Ferreira da Silva²⁹³, autora que destaca a obrigação ética no que se refere às políticas públicas, que devem incluir minorias étnico-raciais não apenas jurídica e economicamente, mas também de modo que as reconheça como possuidoras de uma diferença cultural. Tais diferenças são moldadas pelos recortes étnicos e raciais e o (não) acesso à universidade, resultado de estratégias sócio-históricas impróprias, motivadas por traços físicos, sexuais, étnicos e raciais.

Consegui perceber essa importância quando adentrei como pesquisadora na Aldeia Gameleira – no ano de 2019 – que possui como principal ponto de encontro a Escola Indígena Francisco Gonçalves de Sousa, um espaço conquistado após muitos debates e disputas no território e em espaços políticos externos. Diversas retomadas – enfrentamentos e embates diretos entre posseiros e indígenas – ao longo dos anos de 2013 e 2014, resultaram na conquista e construção da escola²⁹⁴.

Os relatos das interlocutoras/es evidenciam que, antes dela, havia uma grande dificuldade das lideranças e anciãs/ãos se fazerem entender pelas gerações mais novas. Apenas com um espaço dedicado à cultura e ao aprendizado da historicidade e territorialidade, que envolve o povo Tapuya-Kariri, a comunidade passou a compreender a importância em lutar para que seus direitos fossem respeitados e garantidos^{295,296}.

Apesar de terem conquistas na Constituição Federal de 1988 (CF/1988)²⁹⁷, destinadas ao amparo jurídico de povos e comunidades indígenas, a ausência da escola abriu margem para que grande maioria da comunidade Tapuya-Kariri demorasse bastante para compreender que seus direitos não eram meros “pri-

292 RODRIGUES, Táyna Maria de Assis. **Afetos indígenas na plantation**: uma etnografia sobre a terra do povo Tapuya-Kariri. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025. p. 100.

293 SILVA, Denise Ferreira da. **Homo modernus**: para uma ideia global de raça. São Paulo: Cobogó, 2022.

294 RODRIGUES, Táyna Maria de Assis. **Afetos indígenas na plantation**: uma etnografia sobre a terra do povo Tapuya-Kariri. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

295 *Id.* **Uma Etnografia do Parentesco e da Produção de Território dos Tapuya Kariri de São Benedito/CE**. Sobral: Universidade Estadual Vale do Acaraú (UEVA), 2022.

296 *Id.* **Afetos indígenas na plantation**: uma etnografia sobre a terra do povo Tapuya-Kariri. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

297 BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.



vilégios”. Esse fato vai de encontro com o discurso de Silva²⁹⁸ quando destaca a importância de perceber que apenas a determinação jurídica não consegue suprir todas as necessidades que envolvem a (re)construção de um sujeito afetado pelo sistema.

Os debates de raça e etnia são distintos, com necessidades específicas que devem ser consideradas. Porém, no contexto Tapuya-Kariri, se misturam constantemente, considerando que no Brasil a miscigenação cria um “sujeito nacional”, romantizado pelo discurso da inexistência de diferenças raciais, além dos debates que naturalizam a busca por reconhecimento e por uma relação harmoniosa com a chamada branquitude. Um contexto em que o corpo negro é mais afetável, seguindo as reflexões trazidas por Silva²⁹⁹, por elementos que vão além dos discursos dominantes.

Descobrir-se negro é parte do processo de construção do sujeito, no qual o negro busca o reconhecimento do branco. No contexto Tapuya-Kariri, sempre souberam ser um corpo negro, o processo de reconhecimento se deu no fato de se perceberem corpos negros e indígenas, buscando reconhecimento da branquitude para a história construída e esse “reconhecimento tardio”³⁰⁰ de sua identidade.

A raça é, de acordo com Silva³⁰¹, “um construto simbólico que identifica certas condições sociais como formações sociais”, referindo-se a mecanismos culturais e/ou ideológicos complementares, que “subordinam mulheres e pessoas não brancas e determinam o modo como mulheres não brancas experienciam essa subordinação”. Para compreender essa subordinação, é necessário mapear o terreno simbólico que o racial compartilha com as outras ferramentas que as narrativas históricas e científicas usaram para “entalhar o lugar do sujeito”, separando e definindo o lugar que determinados corpos ocupam na estrutura social. Esse debate diz muito sobre como o corpo negro e indígena dos Tapuya-Kariri foi categorizado e percebido, em uma região em que as discussões sobre diferenças étnico-raciais não aparecem com tanta evidência.

Observa-se que o corpo produtivo trabalha em prol da razão pré-estabelecida pela branquitude, não sendo capaz de ver o imutável como subordinado e hierarquizado. Desse modo, o sujeito autodeterminado é uma construção da modernidade, que considera ser o tempo da educação, mas uma educação moldada pelos padrões da branquitude, ignorando as diferenças sociais, sexuais e étnico-raciais. A somatória desses aspectos à morosidade de processos jurídicos relacionados à garantia de direitos, principalmente

298 SILVA, Denise Ferreira da. **Homo modernus**: para uma ideia global de raça. São Paulo: Cobogó, 2022.

299 SILVA, Denise Ferreira da. **Homo modernus**: para uma ideia global de raça. São Paulo: Cobogó, 2022.

300 Expressão utilizada pela falta de um termo que defina melhor o que está sendo destacado.

301 Expressão utilizada pela falta de um termo que defina melhor o que está sendo destacado.

a demarcação territorial, impede que os Tapuya-Kariri percebam alternativas possíveis sem a suposta bondade de alguns posseiros, descrevendo-os como aliados, mesmo que as condições de trabalho sejam inadequadas. Esses fatores resultam na necessidade de conviver com as múltiplas realidades e as poucas possibilidades nessa relação de codependência em torno das *plantations* de batata-doce³⁰².

Diante disso, a matéria de Valéria França³⁰³ apresenta dados alarmantes sobre o avanço das usinas fotovoltaicas (UFVs) e o aumento do desmatamento da caatinga, bioma predominante no Nordeste brasileiro. De acordo com dados coletados pela referida jornalista: “o semiárido nordestino foi escolhido para abrigar a maior parte, 62%, das usinas fotovoltaicas do país, que constituem fonte de energia limpa e renovável”³⁰⁴. No entanto, as instalações dessas unidades não têm sido realizadas de forma sustentável, percepção que considera o levantamento de dados do MapBiomias³⁰⁵, destacando que “as usinas são responsáveis pelo desmatamento de 21,8 mil hectares de matas nativas”.

Ainda na mesma matéria, a jornalista destaca que “Em nome da energia limpa, mais de 1.368,4 ha de vegetação nativa de caatinga foram perdidos, só no Piauí, em 2024”, dados de um detalhado levantamento sobre as mudanças ocorridas na cobertura e uso da terra feito a partir da Coleção 10 de mapas e dados da rede MapBiomias [1985 e 2024]³⁰⁶. Os dados revelam que o bioma, que ocupa 86,2 milhões de ha, o equivalente a 10,1% do território do Brasil, perdeu 14% de sua cobertura natural, ou seja, 9,25 milhões de ha.

França³⁰⁷ reconhece a importância das usinas enquanto fonte de abastecimento do Sistema Interligado Nacional (SIN), além de contribuir para o desenvolvimento regional com a eletrificação de comunidades, dessalinização de água, irrigação de pequenos cultivos e apoio a atividades produtivas susten-

302 RODRIGUES, Táyna Maria de Assis. **Afetos indígenas na plantation**: uma etnografia sobre a terra do povo Tapuya-Kariri. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025

303 FRANÇA, Valéria. Avanço das usinas fotovoltaicas aumenta o desmatamento da caatinga. **Veja**, set. 2025.

304 FRANÇA, Valéria. Avanço das usinas fotovoltaicas aumenta o desmatamento da caatinga. **Veja**, set. 2025.

305 O MapBiomias é uma rede global e multi-institucional, formada por universidades, organizações não governamentais (ONGs) e empresas de tecnologia, que monitora as transformações na cobertura e no uso da terra nos territórios e seus impactos. Em 2025, a rede completou dez anos, fornecendo a mais atualizada e detalhada base de dados espaciais de uso da terra em um país disponível no mundo. Nascido no Brasil, o MapBiomias está atualmente presente em 14 países – toda a América do Sul e Indonésia. Com base em ciência aberta e colaborativa, a rede alimenta uma plataforma que integra imagens de satélite, aprendizado de máquina e computação em nuvem. Todos os dados, mapas, métodos e códigos são disponibilizados de forma pública e gratuita. As informações geradas pela rede MapBiomias podem ser utilizadas por tomadores de decisão, formuladores de políticas públicas, pesquisadores das mais diversas áreas, professores, estudantes, organizações da sociedade civil e empresas. Revelar as transformações do território por meio da ciência, com precisão, agilidade e qualidade, e tornar acessível o conhecimento sobre a cobertura e o uso da terra, para buscar a conservação e o manejo sustentável dos recursos naturais, é uma forma de combate às mudanças climáticas (MAPBIOMAS. 2026).

306 FRANÇA, Valéria. Avanço das usinas fotovoltaicas aumenta o desmatamento da caatinga. **Veja**, set. 2025.

307 FRANÇA, Valéria. Avanço das usinas fotovoltaicas aumenta o desmatamento da caatinga. **Veja**, set. 2025.



táveis. Porém, destaca seu posicionamento e preocupação com a maneira como essas usinas têm sido implementadas e os números dos impactos ambientais que tornam as áreas afetadas vulneráveis a processos de desertificação.

Nesse sentido, cabe rememorar que os projetos de instalação precisam ser revistos, seguindo os princípios sustentáveis para que foram criados. França enfatiza que “mais de um terço do bioma é ocupado pela agropecuária. Atividade que praticamente dobrou a área nos últimos quarenta anos”³⁰⁸. Enquanto as fazendas de gado correspondem a 24,7% do território, o restante, 12%, é dominado por plantações, que, apesar de terem menor área, expandiram mais de mil vezes a área de cultivo³⁰⁹.

Lima realizou uma análise aprofundada sobre a qualidade e aplicabilidade das Avaliações de Impactos Ambientais (AIAs) para selecionar terrenos e regiões considerados ideais para implantação de UFVs no Nordeste brasileiro, partindo da percepção de que é uma das regiões mais favoráveis para esse tipo de empreendimento, pelas suas características geomorfológicas e condições climáticas³¹⁰.

A vegetação nativa da caatinga tem função fundamental na formação de águas, que impede o processo de desertificação. As preocupações apontadas por França³¹¹ são as mesmas mencionadas por Lima³¹² ao apontar que a escolha do Nordeste brasileiro para instalação de usinas fotovoltaicas se deve justamente por ser “muito quente, e ter a mais alta incidência de radiação solar do planeta”. Ademais, o autor também reconhece que o projeto de instalação dessas unidades não tem sido realizado de forma sustentável.

Tais fatores tornam relevante uma reflexão sobre as estratégias aplicadas por empresas multinacionais e financiadoras de supostas alternativas de desenvolvimento sustentável, valendo-se de promessas de empregos com bons salários e a possibilidade de um futuro melhor. O público-alvo desses empreendimentos é, majoritariamente, comunidades em situação de vulnerabilidade social. Ademais, desconsiderando as determinações da OIT n. 169/1989³¹³, agem de forma estratégica e convincente, enfatizando os benefícios como superiores, enquanto evitam informações claras e objetivas sobre as consequências socioambientais posteriores.

308 FRANÇA, Valéria. Avanço das usinas fotovoltaicas aumenta o desmatamento da caatinga. *Veja*, set. 2025.

309 FRANÇA, Valéria. Avanço das usinas fotovoltaicas aumenta o desmatamento da caatinga. *Veja*, set. 2025.

310 LIMA, Paulo de Tarso Dantas. **Análise dos processos de avaliação de impacto ambiental em usinas fotovoltaicas e potencial biofísico no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis) – Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

311 LIMA, Paulo de Tarso Dantas. **Análise dos processos de avaliação de impacto ambiental em usinas fotovoltaicas e potencial biofísico no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis) – Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

312 LIMA, Paulo de Tarso Dantas. **Análise dos processos de avaliação de impacto ambiental em usinas fotovoltaicas e potencial biofísico no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis) – Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

313 ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Convenção n. 169 da OIT sobre Povos Indígenas e Tribais**. Genebra: OIT, 1989.

1 EXISTE UMA TRANSIÇÃO JUSTA SEM A DEMARCAÇÃO DOS TERRITÓRIOS INDÍGENAS?

De acordo com o vice-cacique Neguim Tapuya³¹⁴, há um documento datado de 1988 que comprova a titulação das terras aos seus antepassados, mais especificamente, suas bisavós. Esse fato lembra Almeida, quando afirma que, nas terras de índio, “tensões internas ou conflitos com os antagonistas tradicionais e externos levam os descendentes diretos a exibirem documentos que creem comprobatórios dos direitos outorgados a seus ancestrais”³¹⁵, algo que esteve presente na Aldeia Gameleira, principalmente entre os anos de 2014 e 2015, quando os conflitos com os posseiros aconteciam de forma mais intensa.

A partir da definição de Almeida³¹⁶, a Aldeia Gameleira também poderia ser classificada como “terras de uso comum”, considerando que existem grupos familiares mais abastados do campesinato que acabaram por impor as relações de trabalho, estabelecendo uma dependência das/os indígenas, os deixando sem alternativas mediante a anomia do Estado em concluir o processo de demarcação.

Em um território visivelmente degradado ao longo de sua trajetória histórica, em um cenário em que “a não existência de mecanismos de inibição de ações lesivas aos direitos indígenas por parte do Estado brasileiro é fator de estímulo permanente ao conflito fundiário envolvendo povos indígenas no Brasil”³¹⁷ impacta diretamente a preservação e recuperação da Aldeia Gameleira, assim como o direito de viver suas tradições, crenças e atividades econômicas plenamente.

De acordo com a Comissão Nacional da Verdade (CNV), realizada entre 2011 e 2014, sem “a reparação de todas as terras indígenas esbulhadas durante o período de estudo da CNV [1946-1988]” não pode ser considerada completa a “transição de um regime integracionista e persecutório para com os povos originários desta nação, para um regime plenamente democrático e pluriétnico”³¹⁸.

314 RODRIGUES, Táylna Maria de Assis. **Uma Etnografia do Parentesco e da Produção de Território dos Tapuya Kariri de São Benedito/CE**. Sobral: Universidade Estadual Vale do Acaraú (UEVA), 2022.

315 ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno. Terras de preto, terras de santo, terras de índio: uso comum e conflito. In: GODOI, Emilia Pietrafesa; MENESES, Marilda Aparecida de; MARIN, Rosa Acevedo (org.). **Diversidade do campesinato: expressões e categorias**. Brasília, DF: UNESP, 2019. (Estratégias de reprodução social, v. 2). p. 39-66. p. 52.

316 ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno. Terras de preto, terras de santo, terras de índio: uso comum e conflito. In: GODOI, Emilia Pietrafesa; MENESES, Marilda Aparecida de; MARIN, Rosa Acevedo (org.). **Diversidade do campesinato: expressões e categorias**. Brasília, DF: UNESP, 2019. (Estratégias de reprodução social, v. 2). p. 39-66. p. 52.

317 ZELIC, Marcelo. Mecanismos de não repetição: um esforço de futuro sustentável. In: ZEMA, Ana Catarina et al. (org.). **Demarcar é reparar: olhar indígena sobre a justiça de transição no Brasil**. São Paulo: Instituto de Políticas Relacionais, 2023. p. 177-195. p. 178.

318 BRASIL. Comissão Nacional da Verdade. **Relatório: textos temáticos**. Brasília, DF: CNV, 2014. (Violações de direitos humanos dos povos indígenas, v. 3). p. 252.



Zelic destaca a necessidade de efetivar o que ele chama de “mecanismo de não repetição”³¹⁹, como forma de promover uma mudança estrutural na atuação do Congresso Nacional, combatendo os ataques direcionados pelo poder legislativo aos povos indígenas e alterando as dinâmicas entre eles. Em sua proposição, destaca que o caminho para essa mudança seria:

[...] coibindo em seu nascedouro proposições nocivas e alterando a dinâmica do ato de legislar, fazendo com que as proposições deixem de cumprir enquanto tramitam ou se discute judicialmente sua constitucionalidade, o papel que vêm desempenhando ao longo da história, de fator indutor de desinformação local e estímulo à violência, invasão e insegurança jurídica aos direitos indígenas já consagrados em todas as constituições desde 1934 e, em vigor até nossos dias, por meio dos artigos 231 e 232 da Constituição Federal de 1988³²⁰.

Além disso, é enfático ao afirmar que a demora do judiciário brasileiro em julgar os processos demarcatórios resulta no desmatamento da área; na poluição e contaminação de rios, como aconteceu com o Rio dos Grilos, da Aldeia Gameleira³²¹; e na consolidação de invasões, permitindo a permanência de posseiros e seu estabelecimento com cercas, plantações, criação de animais e construção de estruturas, características vividas “de forma intensa e permanente pelas comunidades indígenas de Norte a Sul do Brasil”³²².

Com a grande quantidade de posseiros de pequeno porte e a influência de posseiros com grandes extensões de terras que fazem uso da energia solar, o risco de a questão resultar em uma *plantation* de placas fotovoltaicas é iminente. Consequentemente, aconteceria uma maior fragmentação do território, de forma mais concentrada e centralizada nas mãos de grandes latifundiários, que deve ser encarada como uma das principais *red flags* do avanço dessa indústria. À medida que o solo perde potencial produtivo para o cultivo, são abertas novas possibilidades de exploração, sendo a energia solar uma das mais promissoras e possíveis de se concretizar.

319 ZELIC, Marcelo. Mecanismos de não repetição: um esforço de futuro sustentável. In: ZEMA, Ana Catarina et al. (org.). **Demarcar é reparar**: olhar indígena sobre a justiça de transição no Brasil. São Paulo: Instituto de Políticas Relacionais, 2023. p. 177-195. p. 183

320 ZELIC, *op. cit.*, p. 180.

321 RODRIGUES, Táyssa Maria de Assis. O abastecimento de água na aldeia Gameleira e a apropriação do rio dos Grilos do povo Tapuya Kariri de São Benedito/CE). **Revista Zabelê**: PPGANT – UFPI, Teresina, v. 1, n. 1, p. 57-64, 2020.

322 ZELIC, Marcelo. Mecanismos de não repetição: um esforço de futuro sustentável. In: ZEMA, Ana Catarina et al. (org.). **Demarcar é reparar**: olhar indígena sobre a justiça de transição no Brasil. São Paulo: Instituto de Políticas Relacionais, 2023. p. 177-195. p. 183.

Com isso, o território não demarcado torna-se suscetível a manipulações e falsas promessas pautadas e validadas em Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA), possibilitando a priorização das áreas já degradadas pelo uso dos posseiros. Nesse caso, justifica-se a instalação de energia renovável com a geração de empregos com salários melhores e substituindo as áreas já degradadas – pelo uso em massa de não indígenas – apenas modificando o produto e mantendo áreas de *plantations*, substituídas por *plantations* de placas fotovoltaicas.

Almeida³²³ destaca a percepção de Elinor Ostrom, que defende que as comunidades são capazes de gerir recursos em comum de forma mais sustentável que o Estado ou os proprietários privados, a partir da racionalidade baseada em ações coletivas, da reciprocidade positiva entre famílias e indivíduos de uma comunidade, e refuta as políticas desenvolvimentistas. Além disso, o autor descreve o caso brasileiro, que opera a partir do liberalismo econômico, com reflexões que imediatamente direcionam meus pensamentos às propostas da empresa Santa Clara e às perspectivas apresentadas em 2017, mencionadas anteriormente.

Embora Almeida³²⁴ esteja se referindo à regularização fundiária, que se resumiria à titulação de terras e lotes individuais e à privatização, intensificando a incorporação de novas tecnologias e dinamizando as transações no mercado de terras, destaca um ponto que será importante adiante, quando menciona que “as práticas de uso comum são caracterizadas como primitivas, irracionais e contrárias ao desenvolvimento tecnológico”. Cabe destacar que as razões burocráticas menosprezam fatores étnicos, de parentesco e/ou culturais, além de alimentar a perspectiva de que “o tradicional estaria próximo da extinção”, fatores que limitam a liberdade de uso e restringem o alcance das normas comunitárias.

Almeida³²⁵ enfatiza que esse direito à propriedade freia as possibilidades de uso comum; noção que parte do princípio de que “nenhuma pessoa detém o controle exclusivo do uso e da disposição dos recursos básicos para a comunidade”, perspectiva associada à liberdade em uma dimensão coletiva. No entanto, aborda que essa liberdade significa “espaços sociais livres das restrições e exigências impostas pelos atos de compra e venda, que concretizam a transformação da terra em mercadoria”³²⁶.

323 ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno. Prefácio. In: CAMPO, Nazaré José de. **Terras de uso comum no Brasil: abordagem histórico-socioespacial**. Santa Catarina: UFSC, 2011. p. 12-14.

324 ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno. Prefácio. In: CAMPO, Nazaré José de. **Terras de uso comum no Brasil: abordagem histórico-socioespacial**. Santa Catarina: UFSC, 2011. p. 12-14. p. 13.

325 ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno. Prefácio. In: CAMPO, Nazaré José de. **Terras de uso comum no Brasil: abordagem histórico-socioespacial**. Santa Catarina: UFSC, 2011. p. 12-14. p. 13.

326 ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno. Prefácio. In: CAMPO, Nazaré José de. **Terras de uso comum no Brasil: abordagem histórico-socioespacial**. Santa Catarina: UFSC, 2011. p. 12-14. p. 13.



Ademais, Almeida³²⁷ acrescenta que as comunidades utilizam “recursos abertos”, nos quais definem as formas de uso comunal, a partir de “normas explícitas e acordos tácitos e não contratuais”, que podem variar segundo as condições materiais de existência dos seus membros. Além disso, o autor menciona que “não são uma comunidade de iguais, mas heterogêneos e planos sociais diferenciados, sem restrições privatistas”³²⁸. Seguindo essa lógica de organização, seria possível chegar a um “Plano Ideal”, no qual as práticas de uso comum aumentam a liberdade de uso dos recursos naturais; asseguram um acesso mais amplo e monitorado pelas próprias comunidades; e permitem um manejo sustentável com processo de produção permanente.

Por outro lado, o direito de propriedade individualiza e restringe as condições de uso, levando à devastação de recursos naturais. O uso comum é visto como público e como instrumento que assegura um desenvolvimento sustentável. Nas Áreas de Reserva Legal, as dimensões jurídicas, somadas ao código florestal, são insuficientes para impedir que os interesses do agropêlo devastem o cerrado e a floresta amazônica, bem como os interesses conservadores e a concentração fundiária resultam na devastação ambiental, interesses unidos que resultam em pressões ao legislativo para rever percentuais de reserva legal, sob alegação de que está subtraindo à produção agroindustrial vastas extensões agricultáveis. Essa é uma perspectiva relevante de ser considerada diante dos dados apresentados anteriormente sobre o avanço do desmatamento na caatinga.

Cabe mencionar que a narrativa de “todos são iguais perante a lei”, somada à reforma da vida comunal, “libertaria o indivíduo do controle da etnia/comunidade e da família”, colaborando na transformação de uma “sociedade moderna igualitária”. Sob a perspectiva de Almeida³²⁹, tal proposição de “igualdade” desconsidera que o tradicional surge da preocupação com o presente, remetendo às sociedades dinâmicas, que “mudam junto dos processos de transformações sociais e se mobilizam politicamente em torno de um direito”. Aquilo que o autor define como “categorias coletivas”, responsáveis por fortalecer as estruturas comunitárias e as práticas de uso comum, se mobilizam em torno de direitos territoriais e/ou de livre acesso a recursos florestais, hídricos e do solo para fins de moradia e cultivo.

Além disso, a construção de identidades coletivas direciona para uma autonomia na defesa e luta pelos direitos de uso comum dos recursos naturais, buscando a demarcação e consolidação do direito às terras tradicionalmente

327 ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno. Prefácio. In: CAMPO, Nazaré José de. **Terras de uso comum no Brasil: abordagem histórico-socioespacial**. Santa Catarina: UFSC, 2011. p. 12-14. p. 13.

328 ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno. Prefácio. In: CAMPO, Nazaré José de. **Terras de uso comum no Brasil: abordagem histórico-socioespacial**. Santa Catarina: UFSC, 2011. p. 12-14. p. 13.

329 ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno. Prefácio. In: CAMPO, Nazaré José de. **Terras de uso comum no Brasil: abordagem histórico-socioespacial**. Santa Catarina: UFSC, 2011. p. 12-14. p. 14.

ocupadas, respeitando os processos de territorialização, que são diferenciadas histórica e economicamente, sem uso de regras universais para todas as identidades coletivas.

De acordo com Neguim Tapuya³³⁰, a área indígena corresponde a 28 km² (2.800 ha) em medições realizadas previamente (2018). Esse território incluía uma área de caça – de animais como rolinha, veado, peba, tejo e nambu. Com o aumento da fragmentação do território entre os posseiros, esses animais “desapareceram”, restando apenas as lembranças dos tempos em que “existia mais mata do que cercas”. Enquanto isso, os cinco posseiros supracitados ocupam mais da metade do território indígena, não sendo possível dimensionar em hectares as proporções exatas³³¹.

Cabe mencionar que:

A solicitação da demarcação da terra Tapuya-Kariri aconteceu em novembro de 2007 e sua inclusão no Sistema de Terras Indígenas (SIT) da FUNAI aconteceu em 31 de janeiro de 2008, como demanda por novas terras. Já em fevereiro de 2008, os Tapuya Kariri foram notificados por meio de ofício pela Coordenação Geral de Identificação e Delimitação (CGID)³³².

De acordo com Neguim Tapuya³³³, o processo de laudo antropológico nunca foi concretizado, estava sendo realizado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), sob a direção de Olga Paiva, que teria realizado algumas escavações nos Buracos dos Tapuya em busca de evidências concretas da existência dos ancestrais Tapuya-Kariri. Apesar de encontrarem algumas cerâmicas durante as escavações, a ausência de vestígios de parentes e a dificuldade para continuar as escavações, o processo foi paralisado. Até o momento (2025), de acordo com a cartilha Situação dos Povos Indígenas do Ceará³³⁴ e relatos dos meus

330 RODRIGUES, Táyyna Maria de Assis. **Afetos indígenas na plantation**: uma etnografia sobre a terra do povo Tapuya-Kariri. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

331 RODRIGUES, Táyyna Maria de Assis. **Afetos indígenas na plantation**: uma etnografia sobre a terra do povo Tapuya-Kariri. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

332 CARNEIRO, Francisca Jeannié Gomes. **“Nós enverga, mas não quebra”**: Identificação, Organização e Territorialidade entre os Tapuya Kariri. Dissertação (Mestrado em Antropologia) – Programa de Pós-Graduação em Antropologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. p. 157.

333 RODRIGUES, Táyyna Maria de Assis. **Afetos indígenas na plantation**: uma etnografia sobre a terra do povo Tapuya-Kariri. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

334 ASSOCIAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO LOCAL CO-PRODUZIDO (ADELCO); ESPLAR. **Situação dos Povos Indígenas do Ceará**. Fortaleza: ADELCO; ESPLAR, 2017.

interlocutores/as, nenhuma equipe de pesquisa foi destinada para continuar a elaboração do laudo antropológico³³⁵.

É importante evidenciar que a ausência de um direcionamento objetivo sobre a localização da empresa e as atividades anteriores à proposta apresentada aos Tapuya-Kariri implica uma maior dificuldade de acesso à informação e afeta diretamente a consulta livre, prévia, informada e de boa-fé.

A empresa priorizou, em sua única tentativa de diálogo direto com a comunidade, uma apresentação superficial sobre a implantação de torres de energia eólica, apontando apenas os pontos positivos desse empreendimento. Além disso, ao instalar placas de energia fotovoltaica, mesmo cientes da existência de uma comunidade indígena na região e do cenário de disputa territorial, priorizou o contato direto com o posseiro.

Essas observações evidenciam aquilo que foi apontado por Zelic³³⁶ no que se refere à morosidade dos processos de demarcação de territórios indígenas:

Sem prazos definidos para cada etapa do rito de demarcação e definição de procedimento claro sobre o momento do início desse processo como sendo o pedido protocolado pelo povo indígena junto ao órgão indigenista, o Estado brasileiro seguirá negando e protelando as demarcações das terras reclamadas pelos povos indígenas, usando o direito indígena como moeda de troca política com o Congresso Nacional e segmentos da sociedade. Desta forma, não será quebrado esse ciclo de violência. Sem prazos definidos, a demarcação de terras indígenas não se transformará em um eficaz mecanismo de não repetição.

A promessa de demarcação vem sendo reforçada desde o decreto da Lei n. 6001/19 de dezembro de 1973³³⁷ por meio do Estatuto do Índio, compromi-

335 RODRIGUES, Táyna Maria de Assis. Afetos indígenas na plantation: uma etnografia sobre a terra do povo Tapuya-Kariri. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

336 ZELIC, Marcelo. Mecanismos de não repetição: um esforço de futuro sustentável. In: ZEMA, Ana Catarina et al. (org.). **Demarcar é reparar**: olhar indígena sobre a justiça de transição no Brasil. São Paulo: Instituto de Políticas Relacionais, 2023. p. 177-195. p. 189.

337 Em 1973, no governo do ditador Emílio Garrastazu Médici, o Estado brasileiro decretou, por meio do Estatuto do Índio, Lei n. 6.001 de 19 de dezembro de 1973, que “o Poder Executivo fará, no prazo de cinco anos, a demarcação das terras indígenas, ainda não demarcadas” (BRASIL. **Lei n. 6.001, de 19 de dezembro de 1973**. **Dispõe** sobre o Estatuto do Índio. Brasília, DF: Presidência da República, 1973).

so reafirmado com a CF/1988^{338,339}, ambos com o prazo de cinco anos para a demarcação de todas as terras indígenas. Zelic afirma:

Já se vão 34 anos deste segundo prazo definido pelo Estado brasileiro e, como reafirmou a CNV, a não demarcação das terras indígenas é a raiz e o fator de estímulo das graves violações que se repetem contra os povos indígenas³⁴⁰.

2 ESTRATÉGIAS EMPRESARIAIS

Ao buscar maiores informações sobre a empresa Santa Clara, me deparei com um longo caminho, que não deixou muito clara a atuação da empresa. Ela consta como ativa, mas não possui um *site* de divulgação. Observando os nomes dos sócios, consegui chegar ao *site* da empresa CPFL Energia³⁴¹, que aborda os benefícios da implantação de fontes de energia renovável, a abrangência nacional em números, mas nada direcionado ou que esclareça os locais de atuação da empresa Santa Clara³⁴².

Essa ausência de informações se conecta com a preocupação de grandes empreendimentos em torno do “risco político” para as empresas. Giffoni destaca que esse risco possui dois componentes: “a dimensão micro e a dimensão macropolítica”³⁴³. Na primeira, apenas um pequeno grupo de empresas ou determinado setor empresarial seriam afetados, enquanto a segunda envolveria todas, ou quase todas, as empresas de um país. Esse risco pode ter origem interna ou externa, sendo a interna relacionada às lutas de poder entre grupos religiosos ou de classes sociais distintas. Nesse caso, as empresas contam com a Multilateral Investment Guarantee Agency (MIGA), que fornece seguro, realização de pesquisas e coleta de informações sobre o ambiente político no qual almejam se instalar.

338 *Id.* [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

339 Em 1988, foi a vez do parlamento aprovar na Constituinte promulgada o prazo de 5 anos para a demarcação de todas as terras indígenas. Ver mais: ZELIC, Marcelo. Mecanismos de não repetição: um esforço de futuro sustentável. In: ZEMA, Ana Catarina et al. (org.). **Demarcar é reparar**: olhar indígena sobre a justiça de transição no Brasil. São Paulo: Instituto de Políticas Relacionais, 2023. p. 177-195.

340 Em 1988, foi a vez do parlamento aprovar na Constituinte promulgada o prazo de 5 anos para a demarcação de todas as terras indígenas. Ver mais: ZELIC, Marcelo. Mecanismos de não repetição: um esforço de futuro sustentável. In: ZEMA, Ana Catarina et al. (org.). **Demarcar é reparar**: olhar indígena sobre a justiça de transição no Brasil. São Paulo: Instituto de Políticas Relacionais, 2023. p. 188.

341 CPFL ENERGIA. [2025?].

342 ECONODATA. **Santa Clara I Energias Renováveis Ltda**. [2025?].

343 GIFFONI, Raquel. **Conflitos ambientais, corporações e as políticas de risco**. Rio de Janeiro: Garamond, 2019.



Os empreendimentos minerários, por exemplo, são usualmente estabelecidos em países politicamente instáveis, sujeitos a distúrbios civis e conflitos de variadas ordens, notadamente de caráter ambiental, e a frequência desses conflitos aumentaria os “custos e as incertezas” das atividades empresariais³⁴⁴.

Além disso, o “risco social” também passou a ser um “sintoma a ser tratado”, a partir da mobilização política de comunidades e povos tradicionais, com a proliferação dos poderes de organizações não-governamentais (ONGs), de movimentos sociais articulados em níveis globais e das novas formas de mídia. Nesse contexto, Giffoni³⁴⁵ destaca a ideia de Gestão do Risco Social (GRS), que surge com a proposta de proteger a subsistência do indivíduo e promover a aceitação de determinados riscos, deixando claro que a “análise de risco” dedica-se a uma abordagem prévia, antes que exista alguma relação conflituosa entre a empresa e a comunidade. Esse método possibilitaria uma “previsão” dos “problemas potenciais”, conhecendo o ambiente social no qual a empresa está instalada e selecionando quais pessoas devem ou não participar da fase de mobilizações, precedentes ao início das obras.

De acordo com Giffoni, a modernização ecológica foi utilizada como defesa das grandes corporações ao admitir que “normas e regulações pudessem incidir sobre suas práticas, desde que não colocassem em risco os rendimentos esperados dos negócios”³⁴⁶. Nesse contexto, a agenda neoliberal passou a buscar – a partir da década de 1990 – a flexibilização das leis ambientais por meio da proposição de reformas liberais que partiram de “forças instaladas no interior da máquina governamental”. São fatores que corroboram a construção de narrativas como o desconhecimento dos limites territoriais e o estabelecimento de acordos com figuras políticas e/ou influentes, como no caso da empresa Santa Clara com o posseiro Ademir, ex-prefeito da cidade de Carnaubal/CE, mesma cidade em que a empresa possui uma sede física.

Giffoni destaca que “desregular normas ambientais e liberar atividades predatórias implica favorecer a expropriação de grupos sociais cuja reprodução material e imaterial depende do acesso à terra, à água e demais recursos ambientais”³⁴⁷, fator que contribui para que a questão ambiental tenha se

344 GIFFONI, Raquel. **Conflitos ambientais, corporações e as políticas de risco**. Rio de Janeiro: Garamond, 2019. p. 20.

345 GIFFONI, Raquel. **Conflitos ambientais, corporações e as políticas de risco**. Rio de Janeiro: Garamond, 2019. p. 20.

346 GIFFONI, Raquel. Ameaças à liberdade acadêmica: estratégias empresariais no neoextrativismo liberal autoritário. In: ACSELRAD, Henri. **Neoextrativismo e autoritarismo: afinidades e convergências**. Rio de Janeiro: Garamond, 2022. p. 170-248. p. 170.

347 GIFFONI, Raquel. Ameaças à liberdade acadêmica: estratégias empresariais no neoextrativismo liberal autoritário. In: ACSELRAD, Henri. **Neoextrativismo e autoritarismo: afinidades e convergências**. Rio de Janeiro: Garamond, 2022. p. 170-248. p. 170-171.

tornado elemento central da política brasileira, principalmente quando tornaram-se mais efetivas as lutas coletivas por reconhecimento étnico e social das práticas de “Uso Comum”³⁴⁸ dos recursos naturais.

Giffoni enfatiza a intensificação dos embates entre “mundos distintos na fronteira de expansão territorial do capitalismo e do combate às desigualdades ambientais no espaço urbano-industrial”³⁴⁹ entre as forças do agronegócio e das comunidades tradicionais e povos indígenas. Nesse contexto, o processo de neoliberalização da economia ganha protagonismo político, transformando o meio ambiente em uma oportunidade de negócios por meio da lógica privatista e mercantil em espaços, até então, externos ao mercado, como o ar, as águas e os sistemas vivos. Dessa maneira, as “tecnologias verdes e os mecanismos de mercado” podem ser mobilizados para garantir legitimidade às grandes corporações.

Ao mesmo tempo, utilizam as relações sociopolíticas e “procuram sustentar a expansão das fronteiras da métrica mercantil tanto no terreno material como no campo simbólico”, com amplitude ainda maior quando isso se dá nos quadros e na linguagem de um autoritarismo liberal³⁵⁰.

Nesse sentido, as diversas lutas nos territórios e as críticas direcionadas às práticas empresariais como impróprias, desrespeitosas e, em alguns casos, ilegais, com determinados grupos sociais, a partir das manifestações dos movimentos populares e dos povos tradicionais, bem como de algumas de suas conquistas sociais, vêm ocasionando dificuldades financeiras, logísticas, operacionais e de livre acesso aos recursos naturais por parte das empresas.

Segundo Giffoni³⁵¹, quando existem grupos sociais criticando as práticas empresariais como predatórias e inaceitáveis, põe-se em questão a legitimidade pública dos projetos privados. Caso essas críticas sejam críveis e com o apoio em pesquisas acadêmicas, os atores sociais conseguem provas para criticar as práticas empresariais e afetar negativamente seu valor, assim como “manchar” a sua imagem, construída sob as narrativas de responsabilidade social e ambiental.

Nesse contexto, o caso da empresa Santa Clara versus povo Tapuya-Kariri evidencia que o neoliberalismo não é apenas uma ideologia de gestão do setor econômico, mas “uma transformação significativa do capitalismo, no qual as figuras do direito são instrumentalizadas a fim de legitimar a desigualdade

348 ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno. Prefácio. In: CAMPO, Nazaré José de. **Terras de uso comum no Brasil: abordagem histórico-socioespacial**. Santa Catarina: UFSC, 2011. p. 12-14.

349 GIFFONI, *op. cit.*, p. 171.

350 GIFFONI, Raquel. Ameaças à liberdade acadêmica: estratégias empresariais no neoeextrativismo liberal autoritário. In: ACSELRAD, Henri. **Neoeextrativismo e autoritarismo: afinidades e convergências**. Rio de Janeiro: Garamond, 2022. p. 170-248.

351 GIFFONI, Raquel. Ameaças à liberdade acadêmica: estratégias empresariais no neoeextrativismo liberal autoritário. In: ACSELRAD, Henri. **Neoeextrativismo e autoritarismo: afinidades e convergências**. Rio de Janeiro: Garamond, 2022. p. 170-248.

como fruto natural da competição”³⁵². Além disso, a manutenção da recusa em admitir a legitimidade das regulações ambientais e as tentativas constantes em enfraquecer e/ou encontrar “brechas” que afetem o “ativismo ambientalista”, bem como desarticular e desacreditar os povos e comunidades por meio da narrativa, coloca, sobretudo os povos indígenas e quilombolas, como “inimigos” do desenvolvimento socioeconômico.

3 PLANTATIONS ENERGÉTICAS: PROJETOS E PROMESSAS

De acordo com Lima, “a energia solar possui como fonte a radiação solar, fato que permite caracterizá-la como renovável e de grande abundância”³⁵³. Ocorre a geração e aproveitamento de calor, luz e energia elétrica, e, por sua disponibilidade, torna-se uma fonte de energia promissora e inesgotável³⁵⁴. Nesse sentido, o Nordeste possui elevado potencial para a geração de energia fotovoltaica.

As áreas apontadas pelo referido autor como mais propícias para esse tipo de empreendimento se concentram entre os estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Paraíba e Pernambuco.

No caso da Serra da Ibiapaba, apesar de carregar o título de Serra, possui uma formação geomorfológica de chapada. Ou seja, a região que abriga os municípios de São Benedito, Carnaubal e a Aldeia Gameleira possui terrenos planos e próprios para a instalação de usinas fotovoltaicas.

Além disso, Guaita-Pradas *et al.*³⁵⁵ afirmaram que os locais ideais para a implantação de usinas fotovoltaicas, em termos de cobertura vegetal, são aqueles com vegetação rasteira, arbustos, gramíneas, áreas agrícolas, áreas exploradas ou estéreis, fatores que expõem a adequação da Aldeia Gameleira a esse tipo de empreendimento. No entanto, se tratando de um território indígena não demarcado e com forte presença de posseiros, também o torna vulnerável a uma maior fragmentação do território.

É importante destacar que:

352 GIFFONI, Raquel. Ameaças à liberdade acadêmica: estratégias empresariais no neoextrativismo liberal autoritário. In: ACSELRAD, Henri. **Neoextrativismo e autoritarismo: afinidades e convergências**. Rio de Janeiro: Garamond, 2022. p. 185.

353 LIMA, Paulo de Tarso Dantas. **Análise dos processos de avaliação de impacto ambiental em usinas fotovoltaicas e potencial biofísico no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis) – Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021. p. 21.

354 BURSZTYN, Marcol. Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas. **Estudos Avançados**, [s. l.], v. 34, p. 167-186, 2020.

355 GUAITA-PRADAS, Immaculada et al. Analyzing territory for the sustainable development of solar photovoltaic power using GIS databases. *Environmental Monitoring and Assessment*, [s. l.], v. 191, n. 12, p. 1-17, 2019.

O crescimento exponencial da geração de eletricidade fotovoltaica, integrada ao meio ambiente – que compreende a natureza e a sociedade – é fundamental para o desenvolvimento sustentável, especialmente quando consideramos o papel da energia renovável na transição para uma economia mais inclusiva do ponto de vista social e eficiente na sua relação com o meio ambiente, bem como nas soluções de questões globais fundamentais como segurança energética, pobreza e mudança climática³⁵⁶.

No entanto, o consumo de água utilizado na implementação das UFVs e os poluentes atmosféricos anteriormente utilizados em monoculturas necessitam de previsões objetivas para evitar o comprometimento da tomada de decisões da comunidade afetada e demais órgãos reguladores e licenciadores. Com isso, Sánchez define a Avaliação de Impactos Ambientais como:

[...] um conjunto de procedimentos, de caráter prévio e preventivo, que tem por finalidade identificar, prever, interpretar e comunicar informações sobre as consequências de um determinado empreendimento³⁵⁷.

Sendo assim, a AIA permite encontrar alternativas capazes de proteger o meio ambiente e a sociedade, bem como mitigar e/ou compensar efeitos socioambientais.

Cabe destacar que a elaboração de projetos necessita de um diagnóstico prévio da área de interesse, identificando as condições iniciais e a análise dos impactos. Com isso, o ato de instalar placas fotovoltaicas – sem aviso prévio ou reconhecimento do território – *per se* é um desrespeito aos direitos previstos pela Convenção de n. 169/1989 da OIT³⁵⁸, mencionada anteriormente. Diante disso, apesar de os sistemas fotovoltaicos serem considerados uma das fontes de energia elétrica menos poluentes, as implicações diretas ao solo – como desmatamento, possibilidade de inutilização da área de instalação e a modi-

356 LIMA, Paulo de Tarso Dantas. **Análise dos processos de avaliação de impacto ambiental em usinas fotovoltaicas e potencial biofísico no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis) – Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021, p. 69.

357 SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impactos ambientais: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 26.

358 ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Convenção n. 169 da OIT sobre Povos Indígenas e Tribais**. Genebra: OIT, 1989.



ficação da paisagem –, alterações no ecossistema local precisam ser previstas e informadas. No caso da Aldeia Gameleira, outro aspecto importante é que a área escolhida para as placas experimentais está ao lado de um dos Buracos dos Tapuya, afetando diretamente o território sagrado dos Tapuya-Kariri.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um território que já possui explorações há décadas com o uso indevido do solo, degradação de vegetação e recursos hídricos decorrentes do uso excessivo de agrotóxicos pode ser visto como uma oportunidade. Considerando a condição socioeconômica da comunidade que reside na Aldeia Gameleira, é uma ótima chance para vender a ideia de progresso, aumento de renda e geração de novos empregos em um local predominantemente dependente de atividades de subsistência e/ou limitado ao trabalho na única escola no território, bem como à atuação nas duas únicas unidades de atendimento da aldeia – UBS e UPA.

Assim como a barganha política, na qual a narrativa das campanhas supre as necessidades imediatas e avança com uma eterna promessa de desenvolvimento que se renova a cada quatro anos, os grandes empreendimentos financiados por multinacionais podem ser persuasivos, sobretudo em locais “esquecidos” pelo Estado e em situação de vulnerabilidade socioeconômica, como é o caso da Aldeia Gameleira, que demanda a demarcação de seu território desde 2007, mas que permanece sem avanços significativos.

Cabe destacar que os direitos dos povos indígenas são reconhecidos e garantidos pela CF/1988³⁵⁹, sendo o direito de existir como povo e o direito aos seus territórios, mantendo sua organização social e preservação dos seus modos de vida³⁶⁰. Diante disso, a consulta não se trata de uma negociação de interesses, mas do estabelecimento de uma obrigação do Estado “com o objetivo de se chegar a um acordo e conseguir o consentimento acerca das medidas propostas”³⁶¹.

Diante disso, as normas internas de cada povo e/ou comunidade, definidas por meio dos seus protocolos de consulta, estabelecem a relação entre

359 BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

360 MARÉS, Carlos. A força vinculante do protocolo de consulta. In: GLASS, Verena *et al.* (org.). **Protocolos de consulta prévia e o direito à livre determinação**. São Paulo: Fundação Rosa Luxemburgo; CEPEDIS, 2019. p. 19-45.

361 MARÉS, Carlos. A força vinculante do protocolo de consulta. In: GLASS, Verena *et al.* (org.). **Protocolos de consulta prévia e o direito à livre determinação**. São Paulo: Fundação Rosa Luxemburgo; CEPEDIS, 2019. p. 33.

Estado Nacional e povo. Além disso, reconhecem as diferenças culturais e a expressão de suas prioridades, formas de vida e prospecções de futuro coletivas como soberanas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno. Terras de preto, terras de santo, terras de índio: uso comum e conflito. In: GODOI, Emilia Pietrafesa; MENESES, Marilda Aparecida de; MARIN, Rosa Acevedo (org.). **Diversidade do campesinato**: expressões e categorias. Brasília, DF: UNESP, 2019. (Estratégias de reprodução social, v. 2). p. 39-66.

ALMEIDA, Alfredo Wagner Berno. Prefácio. In: CAMPO, Nazaré José de. **Terras de uso comum no Brasil**: abordagem histórico-socioespacial. Santa Catarina: UFSC, 2011. p. 12-14.

ASSOCIAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO LOCAL CO-PRODUZIDO (ADELCO); ESPLAR. **Situação dos Povos Indígenas do Ceará**.

Fortaleza: ADELCO; ESPLAR, 2017. Disponível em: <https://adelco.org.br/sobre/#publicacoes>. Acesso em: 25 jan. 2025.

BURSZTYN, Marcel. Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas. **Estudos Avançados**, [s. l.], v. 34, p. 167-186, 2020. Disponível em: https://revistas.usp.br/eav/pt_BR/article/view/170562/161086. Acesso em: 19 mar. 2026.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 28 set. 2025.

BRASIL. Comissão Nacional da Verdade. **Relatório**: textos temáticos. Brasília, DF: CNV, 2014. (Violações de direitos humanos dos povos indígenas, v. 3). Disponível em: https://documentacao.socioambiental.org/noticias/anexo_noticia/54613_20210719_124401.PDF. Acesso em: 19 mar. 2026.



BRASIL. **Lei n. 6.001, de 19 de dezembro de 1973.** Dispõe sobre o Estatuto do Índio. Brasília, DF: Presidência da República, 1973. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16001.htm. Acesso em: 19 mar. 2026.

CARNEIRO, Francisca Jeannié Gomes. **“Nós enverga, mas não quebra”:** Identificação, Organização e Territorialidade entre os Tapuya Kariri. Dissertação (Mestrado em Antropologia) – Programa de Pós-Graduação em Antropologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/32230/1/DISSERTAÇÃO%20Francisca%20Jeannié%20Gomes%20Carneiro.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2026.

CPFL ENERGIA. [2025?]. Disponível em: <https://www.grupocpfl.com.br/unidades-de-negocios/geramos-energia-limpa>. Acesso em: 19 mar. 2026.

ECONODATA. **Santa Clara I Energias Renováveis Ltda.** [2025?]. Disponível em: <https://www.econodata.com.br/consulta-empresa/10797899000250-santa-clara-i-energias-renovaveis-ltda>. Acesso em: 20 set. 2025.

ESPLAR – CENTRO DE PESQUISA E ASSESSORIA. **Protocolo de consulta prévia do povo Tapuya-Kariri.** Fortaleza: ESPLAR, 2023. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/758405716/Protocolo-de-Consulta-Tapuya-Kariri-1>. Acesso em: 11 mar. 2026.

FRANÇA, Valéria. Avanço das usinas fotovoltaicas aumenta o desmatamento da caatinga. **Veja**, set. 2025. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/agenda-verde/avanco-das-usinas-fotovoltaicas-aumenta-o-desmatamento-da-caatinga/>. Acesso em: 20 set. 2025.

GIFFONI, Raquel. Ameaças à liberdade acadêmica: estratégias empresariais no neoextrativismo liberal autoritário. In: ACSELRAD, Henri. **Neoextrativismo e autoritarismo:** afinidades e convergências. Rio de Janeiro: Garamond, 2022. p. 203-248.

GIFFONI, Raquel. **Conflitos ambientais, corporações e as políticas de risco**. Rio de Janeiro: Garamond, 2019.

GUAITA-PRADAS, Immaculada *et al.* Analyzing territory for the sustainable development of solar photovoltaic power using GIS databases. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 191, n. 12, p. 1-17, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-019-7871-8>. Acesso em: 19 mar. 2026.

LIMA, Paulo de Tarso Dantas. **Análise dos processos de avaliação de impacto ambiental em usinas fotovoltaicas e potencial biofísico no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis) – Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/24048/1/PauloDeTarsoDantasLima_Dissert.pdf. Acesso em: 19 mar. 2026.

MAPBIOMAS. 2026. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/o-projeto/>. Acesso em: 26 set. 2025.

MARÉS, Carlos. A força vinculante do protocolo de consulta. In: GLASS, Verena *et al.* (org.). **Protocolos de consulta prévia e o direito à livre determinação**. São Paulo: Fundação Rosa Luxemburgo; CEPEDIS, 2019. p. 19-45.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Convenção n. 169 da OIT sobre Povos Indígenas e Tribais**. Genebra: OIT, 1989. Disponível em: <https://www.oas.org/dil/port/1989%20Convenção%20sobre%20Povos%20Indígenas%20e%20Tribais%20Convenção%20OIT%20n%20%201989.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2026.

RODRIGUES, Táynna Maria de Assis. **Afetos indígenas na plantation: uma etnografia sobre a terra do povo Tapuya-Kariri**. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Agricultura, Desenvolvimento e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de



Janeiro, Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/22754>. Acesso em: 19 mar. 2026.

RODRIGUES, Táynna Maria de Assis. O abastecimento de água na aldeia Gameleira e a apropriação do rio dos Grilos do povo Tapuya Kariri de São Benedito/CE). **Revista Zabelê: PPGANT – UFPI**, Teresina, v. 1, n. 1, p. 57-64, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpi.br/index.php/revzab/article/view/3717/3261>. Acesso em: 19 mar. 2026.

RODRIGUES, Táynna Maria de Assis. **Uma etnografia do parentesco e da produção de território dos Tapuya Kariri de São Benedito/CE**. Sobral: Universidade Estadual Vale do Acaraú, 2022.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impactos ambientais: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SILVA, Denise Ferreira da. **Homo modernus: para uma ideia global de raça**. São Paulo: Cobogó, 2022.

ZELIC, Marcelo. Mecanismos de não-repetição: um esforço de futuro sustentável. In: ZEMA, Ana Catarina *et al.* (org.). **Demarcar é reparar: olhar indígena sobre a justiça de transição no Brasil**. São Paulo: Instituto de Políticas Relacionais, 2023. p. 177-195.



DIREITOS HUMANOS E TRANSIÇÃO JUSTA EM TEMPOS DE RUPTURA

Raissa Amarins Mercandeli³⁶²

Resumo: Este capítulo propõe a transição justa como uma estrutura teórica central para assegurar o direito humano a políticas públicas em contextos de mudanças disruptivas, especialmente aquelas associadas à Revolução 4.0 e à transição energética. A pesquisa parte da análise conceitual da transição justa, situando-a como uma abordagem que conecta sustentabilidade ambiental, justiça social e reestruturação econômica em face das transformações produtivas contemporâneas. A metodologia adotada consiste em uma revisão crítica da literatura, aliada à análise de iniciativas nacionais e internacionais que promovem a implementação de políticas públicas em economias de baixo carbono e altamente digitalizadas. Os resultados destacam que, embora a transição justa seja reconhecida em diversos fóruns globais, sua concretização depende da criação de políticas coordenadas e de um diálogo social inclusivo, capazes de mitigar desigualdades estruturais e fortalecer a resiliência socioeconômica. Conclui-se que a transição justa fornece um arcabouço teórico para lidar com as disrupções no mundo do trabalho e ao mesmo tempo se apresenta como um paradigma necessário para garantir que os benefícios dessas transformações sejam distribuídos de maneira equitativa, assegurando a dignidade e os direitos fundamentais das populações mais vulneráveis.

362 Doutoranda em Direito Constitucional (Bolsista CAPES/PROSUC) pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP). Mestra em Sistema Constitucional de Garantia de Direitos. Especialista em Direito Digital e Proteção de Dados pelo Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa (IDP/DF). Pesquisadora e Assessora Executiva do Grupo Mulher e Democracia: renda e justiça de gênero (IDP e Unichristus). Pesquisadora do Núcleo de Estudos e Pesquisa em Direito Internacional (NEPEDI), eixo Direitos Humanos, da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ). Pesquisadora do Grupo Mulher, Sociedade e Direitos Humanos da Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM/São Paulo). Professora Universitária.



INTRODUÇÃO

As transformações globais impulsionadas pela Revolução 4.0 e pela transição energética apontam para desafios desconhecidos à sociedade contemporânea. Essas mudanças disruptivas tendem a afetar profundamente as estruturas produtivas, alterando a forma como muitos de nós vivem, trabalham e se sustentam.

Nesse cenário, o conceito de transição justa ganha relevância como um fundamento teórico indispensável para a construção de políticas públicas que assegurem o direito humano à dignidade, à inclusão social e à sustentabilidade.

Originada no movimento sindical, a ideia de uma transição justa evoluiu para abranger múltiplas dimensões e consolidou-se como uma abordagem estratégica que conecta justiça social, proteção ambiental e desenvolvimento econômico. Mais do que um conceito, a transição justa emerge como um compromisso ético e pragmático na garantia de que as mudanças estruturais nos processos produtivos não aprofundem desigualdades sociais, mas promovam oportunidades mais equitativas e sustentáveis.

Este estudo propõe uma reflexão teórica sobre a transição justa, posicionando-a como uma resposta necessária às disrupções advindas das transformações climáticas e tecnológicas. O problema investigado reside na ausência de políticas públicas coordenadas e inclusivas, capazes de proteger os mais vulneráveis durante esse período de transição. Nesse sentido, o objetivo é analisar como o conceito de transição justa pode orientar a formulação de políticas que integrem sustentabilidade ambiental e justiça social, com ênfase nos contextos de automação e transição energética.

As transformações suscitadas pela Revolução 4.0 e pela transição energética desafiam os modelos produtivos das três últimas revoluções industriais e conseqüentemente as parcas conquistas alcançadas quanto à proteção e à promoção dos direitos humanos, em especial a partir do século XX, em escala global. Essas mudanças estruturais, ao reconfigurarem as dinâmicas econômicas e sociais, impactam diretamente comunidades, trabalhadores e setores econômico-produtivos, muitas vezes amplificando desigualdades preexistentes.

Nesse cenário, a transição justa emerge como um conceito para assegurar que o progresso tecnológico e as urgentes modulações ambientais sejam acompanhadas por justiça social, garantindo que os direitos fundamentais, como o trabalho digno, a igualdade de oportunidades e a inclusão socioeconômica, sejam considerados em todas as esferas de atuação. Mais do que uma abordagem técnica ou econômica, a transição justa deve ser entendida como um compromisso ético que coloca os direitos humanos no centro das políticas públicas.

Ao integrar sustentabilidade ambiental, reestruturação econômica e proteção social, a transição justa reflete os valores de dignidade e equidade, pois possibilita condições para que indivíduos e comunidades prosperem mesmo em tempos de grande instabilidade. Assim, o conceito se consolida como uma resposta às disrupções contemporâneas, de modo a reafirmar que nenhuma transformação será verdadeiramente sustentável ou inclusiva sem o respeito inalienável aos direitos humanos.

A metodologia adotada consiste em uma revisão crítica da literatura e na análise de iniciativas nacionais e internacionais que promovem economias de baixo carbono e altamente digitalizadas. Este estudo contribui ao propor reflexões sobre o papel da transição justa como uma estrutura teórica para políticas públicas que respondam às necessidades das comunidades e dos trabalhadores mais afetados pelas mudanças disruptivas.

Espera-se que os resultados desta pesquisa reforcem a centralidade do conceito de transição justa como um marco teórico para o desenvolvimento de economias mais inclusivas, resilientes e sustentáveis, garantindo que nenhum grupo seja deixado para trás nesse processo de transformação.

1 A TRANSIÇÃO JUSTA: ABORDAGEM CONCEITUAL

A ideia que posteriormente, na década de 1990, passou a ser conhecida como “transição justa” teve suas origens nos Estados Unidos, durante a década de 1970, quando o sindicato *Oil, Chemical and Atomic Workers Union* (OCAW) liderou o que foi considerada a “primeira greve ambiental”, motivada por questões de saúde e segurança nas refinarias da Shell³⁶³.

O conceito tem raízes no movimento sindical e ambientalista, principalmente nas décadas de 1970 e 1980³⁶⁴, quando sindicatos começaram a questionar os efeitos das políticas ambientais nas indústrias tradicionais, como a mineração e a manufatura. À medida que o debate ambiental ganhou força, com a crescente conscientização sobre as mudanças climáticas e a necessidade de ações rápidas para mitigar seus efeitos, o termo passou a ser utilizado para se referir à necessidade de proteger os trabalhadores e suas comunidades em momentos de mudanças estruturais na economia.

No início dos anos 2000, o conceito de transição justa foi integrado a documentos e discursos da Confederação Internacional de Organizações

363 CENTRAL ÚNICA DOS TRABALHADORES (CUT). **Transição justa**: uma proposta sindical para abordar a crise climática e social. São Paulo: CUT, 2021.

364 NEWELL, Peter; MULVANEY, Dustin. The political economy of the “just transition”. *The Geographical Journal*, [s. l.], v. 179, p. 132-140, 2013.



Sindicais Livres (CIOSL) e das Federações Sindicais Globais (GUFs). Em 2006, a Confederação Sindical Internacional, durante seu congresso de fundação, incluiu as mudanças climáticas como um tema prioritário em sua agenda internacional.

Já em 2008, a Confederação Sindical de Trabalhadores e Trabalhadoras das Américas (CSA) destacou as mudanças climáticas e políticas energéticas como estratégicas durante seu congresso de fundação.

No Brasil, em 2009, no 9º Congresso Nacional da Central Única dos Trabalhadores (CONCUT), foi criada a Secretaria Nacional de Meio Ambiente, com foco específico em mudanças climáticas como parte da ação estratégica da organização³⁶⁵.

Em 2012, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), o movimento sindical brasileiro teve participação ativa, articulando o desenvolvimento sustentável com a defesa dos direitos trabalhistas e sindicais. Paralelamente, ocorreram eventos como a II Assembleia Sindical sobre Trabalho e Meio Ambiente e a Cúpula dos Povos, que ampliaram o diálogo com movimentos sociais diversos. Em 2014, a Confederação Sindical das Américas (CSA) lançou a Plataforma de Desenvolvimento das Américas (PLADA), que integrou a transição justa à justiça ambiental e à democracia energética³⁶⁶.

Entre 2009 e 2014, o movimento sindical internacional obteve sucesso ao inserir o conceito de transição justa na Iniciativa Empregos Verdes, parceria entre o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a Organização Internacional do Trabalho (OIT), a Confederação Sindical Internacional (CSI) e a Organização Internacional de Empregadores, focada em substituir empregos antigos por novos, alinhados ao trabalho decente. Em 2015, a OIT publicou diretrizes específicas para apoiar a transição justa rumo a economias sustentáveis, enquanto a CSI, junto com organizações da sociedade civil, impulsionou a inclusão desse conceito no Preâmbulo do Acordo de Paris³⁶⁷, aprovado durante a COP 21³⁶⁸.

A partir desse momento, diversos atores passaram a se engajar no debate, incluindo empresários que identificaram novas oportunidades econômicas e Estados dependentes de combustíveis fósseis, que passaram a reivindicar um “direito à transição”.

365 CENTRAL ÚNICA DOS TRABALHADORES (CUT). **Transição justa**: uma proposta sindical para abordar a crise climática e social. São Paulo: CUT, 2021.

366 CENTRAL ÚNICA DOS TRABALHADORES (CUT). **Transição justa**: uma proposta sindical para abordar a crise climática e social. São Paulo: CUT, 2021.

367 ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Acordo de Paris**. Paris: Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, 2015.

368 ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Acordo de Paris**. Paris: Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, 2015.

Em 2018, a transição justa foi reafirmada como um eixo estratégico na 3ª Conferência Regional de Energia, Ambiente e Trabalho (CREAT), promovida pela CSA, e ganhou destaque internacional durante a COP 24 em Katowice, Polônia. Nessa ocasião, foi assinada a Declaração da Silésia, destacando a importância do diálogo social e da incorporação da transição justa nas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs). Finalmente, em 2020, o Acordo de Paris³⁶⁹ entrou oficialmente em vigor, e os países apresentaram as atualizações de seus compromissos climáticos³⁷⁰.

Na COP 26 de 2021, o Pacto Climático de Glasgow ressaltou a importância de garantir transições justas que promovam o desenvolvimento sustentável, a erradicação da pobreza e a criação de empregos dignos. Em 4 de novembro de 2021, uma Declaração para uma Transição Justa foi adotada por vários países do Norte Global, prometendo financiar a descarbonização e a ação climática nos países mais pobres. O documento destacou a necessidade de garantir que ninguém seja deixado para trás, especialmente trabalhadores de setores dependentes de indústrias intensivas em carbono, promovendo diálogo social e apoio a novos empregos sustentáveis³⁷¹.

Em 2022, durante a COP 27, em Marraquexe, foi criado o *Work Programme on Just Transition Pathways*. As modalidades desse programa foram formalmente adotadas em 2023, durante a COP 28, realizada em Dubai³⁷². Nessa esteira, denota-se que o conceito foi formalmente integrado à agenda internacional durante as discussões da Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), em 2012, e mais tarde incorporado ao Acordo de Paris, em 2015.

No contexto do Acordo de Paris³⁷³, a transição justa passou a ser reconhecida como uma abordagem crucial para garantir que as políticas climáticas levem em consideração as implicações socioeconômicas de uma transição para uma economia de baixo carbono³⁷⁴. Desde então, ela tem sido amplamente debatida em fóruns internacionais e adotada em políticas nacionais de diversos países.

A transição justa garante sustentabilidade ambiental, bem como trabalho decente, inclusão social e erradicação da pobreza. De fato, é isso que

369 ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Acordo de Paris**. Paris: Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, 2015.

370 CENTRAL ÚNICA DOS TRABALHADORES (CUT). **Transição justa**: uma proposta sindical para abordar a crise climática e social. São Paulo: CUT, 2021.

371 UK GOVERNMENT WEB ARCHIVE. **Supporting the conditions for a just transition internationally**: green growth, decent work, and economic prosperity in the transition to net zero. 2021.

372 UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Work programme on just transition pathways referred to in the relevant paragraphs of decision 1/CMA.4. FCCC/PA/CMA/2023/L.14**. Dubai: UNFCCC, 2023.

373 ONU, *op. cit.*

374 INTERNATIONAL TRADE UNION CONFEDERATION (ITUC). **Just Transition Centre**. [2025?].



o Acordo de Paris³⁷⁵ exige: planos nacionais sobre mudanças climáticas que incluam medidas de transição justa com a centralidade no trabalho decente e em empregos de qualidade.

A transição justa, tal como prevista no Acordo de Paris, prevê a construção de estratégias nacionais e regionais para a transição para uma economia sustentável e com impacto neutro no clima. Governos locais e empresas têm o desafio de desenvolver estratégias e instrumentos para promover uma economia mais verde, diversificada e mais justa. Isso significa adaptar-se e construir resiliência, pactos e políticas de desenvolvimento econômico e social mais modernas. As estruturas produtivas baseadas em energia não-renovável, bem como indústrias com utilização intensiva de carbono (por exemplo, petróleo e gás, cimento, aço, alumínio, agropecuária, siderurgia, fertilizantes ou produção de papel) constituem um desafio significativo para os territórios que dependem fortemente de tais atividades. Esses territórios terão que reestruturar e/ou diversificar a sua economia, manter a coesão social, formar e requalificar os trabalhadores afetados e os jovens, preparando-os para futuros empregos. Para isso, são necessários planos e projetos visando ao desenvolvimento econômico sustentável, integrando governos, empresas e sociedade civil. Por fim, e não menos importante, promover a transição justa é fortalecer os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável³⁷⁶.

O conceito de transição justa, apesar de ainda não ser unanimidade na academia, vem ganhando atenção e sendo refinado por uma variedade de atores, incluindo organismos internacionais, centros de pesquisa, organizações não governamentais (ONGs) e governos. Esses esforços visam desenvolver uma definição abrangente que oriente a criação de legislações, acordos internacionais e políticas públicas.

O cerne da ideia de transição justa é mitigar os impactos adversos nas formas de trabalho e vida de indivíduos, comunidades e até países, desencadeados por mudanças disruptivas na produção, especialmente as relacionadas às questões climáticas.

375 ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Acordo de Paris**. Paris: Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, 2015.

376 PLATAFORMA TRANSIÇÃO JUSTA. **O que é Transição Justa e por que fazer**. [2023?].

Heffron e McCauley³⁷⁷ afirmam que a noção de “transição justa” tem ganhado relevância na literatura, mas ainda há confusão quanto à sua compreensão, uma vez que diferentes disciplinas e áreas de pesquisa a interpretam de maneiras diversas.

Nas áreas de energia, meio ambiente e clima (EEC), há variações nas definições de “justiça”, o que leva a uma compreensão fragmentada do que constitui uma transição justa. As comunidades de pesquisa de EEC frequentemente falham em conectar suas abordagens de justiça energética, ambiental e climática, o que resulta em uma distorção sobre o significado de “justiça” e “transição”.

Um dos objetivos da pesquisa sobre transição justa é promover maior entendimento e aceitação pública, o que exigiria uma maior unificação dessas abordagens, ao invés da fragmentação atual.

O Banco de Desenvolvimento da América Latina e Caribe, por sua vez, dispõe que a transição verde e justa, conforme recomendada pela Organização das Nações Unidas (ONU), busca integrar sustentabilidade ambiental e justiça social, com o princípio de garantir que ninguém seja deixado para trás. Esse conceito reconhece a interconexão entre os componentes de justiça social e sustentabilidade, fundamentais para a construção de um futuro mais sustentável e inclusivo. Embora as estratégias de mitigação e adaptação sejam cruciais na agenda climática, nem sempre conseguem contemplar as necessidades dos grupos mais vulneráveis e podem até aumentar as desigualdades³⁷⁸.

Os países em desenvolvimento enfrentam um triplo desafio: atrasos nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), recuperação dos impactos da covid-19 e mudanças climáticas. Para enfrentar esses desafios, é estimado um financiamento de 4 a 6 trilhões de dólares por ano até 2050, mas os países desenvolvidos, que prometeram 100 bilhões de dólares anuais até 2025, ainda não cumpriram essa meta, sendo essa uma contribuição mínima frente às reais necessidades³⁷⁹.

Assim, para garantir uma transição verde e justa, é elementar explorar alternativas de financiamento, ajustar as estratégias à realidade de cada país e promover uma transformação produtiva que valorize novas oportunidades de negócios e as vantagens competitivas de cada nação.

A transformação produtiva desempenha um papel importante na proteção dos mais pobres, gerando empregos verdes, diversificando fontes de renda, promovendo novos negócios e tecnologias, bem como fortalecendo a resiliência climática e a sustentabilidade econômica³⁸⁰.

377 HEFFRON, Raphael J.; McCAULEY, Dureen. What is the “just transition”? *Geoforum*, [s. l.], v. 88, p. 74-77, 2018.

378 CAF. **O que é uma transição verde e justa?** 2023.

379 CAF. **O que é uma transição verde e justa?** 2023.

380 CAF. **O que é uma transição verde e justa?** 2023.



A OIT elenca áreas políticas chave e arranjos institucionais para uma transição justa para todos, indicando que os elementos fundamentais para uma transição justa envolvem a ecologização das economias no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza. Isso requer uma combinação de políticas macroeconômicas, industriais, setoriais e laborais que criem um ambiente favorável para que empresas sustentáveis prosperem e gerem empregos decentes em setores dinâmicos e de alto valor agregado³⁸¹.

Além disso, o desenvolvimento sustentável precisa ser incorporado de forma transversal em diversas áreas, como finanças, meio ambiente, energia e saúde, promovendo uma coordenação entre as instituições em níveis nacional e internacional.

A Conferência Internacional do Trabalho (CIT) de 2013 enfatizou a importância das normas internacionais do trabalho para enfrentar os desafios da ecologização da economia, incluindo temas como direitos de associação, negociação coletiva e proteção social, essenciais para uma transição sustentável e justa³⁸².

Jordi Bonet Pérez e Márcia Rodrigues Bertoldi³⁸³ evidenciam que as políticas e os processos de transição justa baseados na ecologização da economia e nos direitos humanos, na criação de empregos decentes e na proteção social adequada, bem como as políticas de crescimento sustentável, são a ponte entre os efeitos adversos da mudança climática e a erradicação da pobreza e da desigualdade. A isso se somam os princípios de que não existe um tamanho único para todos e de que não se deve deixar ninguém para trás, bem como a compreensão da multidimensionalidade da pobreza e de sua faceta mais difícil de concretizar-se: a pobreza como carência de direitos.

Nessa acepção, uma das maneiras de acelerar a ação climática – e otimizar seus benefícios – é garantir que ela seja inclusiva. Isso significa levar em consideração as consequências distributivas, de modo que ninguém seja esquecido³⁸⁴. Ao longo de sua evolução, a transição justa foi ampliada para incluir não apenas questões relacionadas à transição energética, mas também à digitalização e à automação, que estão reconfigurando as dinâmicas do mercado de trabalho.

381 INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). **Guidelines for a just transition towards environmentally sustainable economies and societies for all**. Genebra: ILO, 2016.

382 INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). **Guidelines for a just transition towards environmentally sustainable economies and societies for all**. Genebra: ILO, 2016.

383 BONET PÉREZ, Jordi; BERTOLDI, Márcia Rodrigues. Pressupostos políticos-jurídicos e de ação de um novo paradigma socioeconômico para abordar sustentavelmente as mudanças climáticas e a pobreza. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 21, e212639, 2024.

384 ROBINS, Nick; BRUNSTING, Vonda; WOOD, David. **Climate change and the just transition: a guide for investor action**. Londres: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. London: London School of Economics and Political Science, 2018.

As implicações para os trabalhadores de indústrias como a automobilística, a de combustíveis fósseis e outras altamente poluentes são significativas, e as políticas embasadas na transição justa buscam oferecer caminhos que mitiguem os prejuízos causados aos trabalhadores e suas comunidades no processo de transformação produtiva mais sustentável.

Wang e Lo³⁸⁵ identificam cinco principais abordagens em que o conceito de transição justa tem sido debatido: como um conceito centrado no trabalho; como uma estrutura integrada de justiça; como uma teoria de transição sociotécnica; como uma estratégia de governança; e como uma questão de percepção pública.

Em geral, o conceito de transição justa enfatiza as pessoas, os trabalhadores e as comunidades no centro da resposta às mudanças climáticas. A transição para um desenvolvimento de baixo carbono deve gerar renda e emprego, promover oportunidades de progresso social e dignidade socioeconômica para os mais vulneráveis, e não reproduzir ou aprofundar as desigualdades de gênero, raciais, de classe social e geracionais. Sob a perspectiva da implementação de transições justas, essas abordagens demandariam uma ação estratégica coordenada em múltiplos níveis e escalas. Na medida em que a transição justa é incorporada às principais negociações internacionais, se aprofunda a necessidade imediata de ampliar o financiamento para viabilizar a transição para uma economia de baixo carbono e resiliente às mudanças climáticas, e assegurar os investimentos sociais necessários para uma transição justa³⁸⁶.

Para além da questão da transição energética, a transição justa é um conceito teórico e normativo que propõe ser um guarda-chuva integrador de justiça social, sustentabilidade ambiental e reestruturação econômica para garantir políticas públicas inclusivas e sustentáveis, especialmente em contextos de transformações disruptivas que alteram modos de vida, trabalho e subsistência das pessoas, países e regiões. Nesse sentido, a transição justa posiciona-se como uma abordagem abrangente e multidimensional.

385 WANG, Xinxin; LO, Kevin. Just transition: a conceptual review. *Energy Research & Social Science*, [s. l.], v. 82, e102291, 2021.

386 TASQUETTO, Lucas da Silva. **Dimensionando a transição justa**: internacionalização do conceito e sua incorporação ao financiamento da transição. Eixo 4: Comércio, Investimento, Negócios. [S. l.]: Instituto Brasil-União Europeia; European Union, 2024.



Inicialmente associada à transição energética, o que se defende neste estudo é que toda e qualquer ação disruptiva, no processo produtivo, que promova mudança estrutural resultante em desequilíbrios ou exclusões sociais deve ser acompanhada de um planejamento para que os afetados tenham acesso a uma transição justa. Nessa primeira metade do século XXI, dois fenômenos acarretam essas mudanças disruptivas na produção: as políticas de transição ecológica, em especial de transição energética, e as novas tecnologias trazidas pela Revolução 4.0.

Um aspecto crucial frequentemente negligenciado no debate sobre a transição justa é a dimensão de gênero. As mulheres, especialmente em países em desenvolvimento, estão desproporcionalmente representadas em setores mais vulneráveis às mudanças estruturais, como os trabalhos informais e de baixa remuneração. Além disso, enfrentam barreiras para acessar oportunidades de requalificação e empregos em setores emergentes. Portanto, a transição justa não pode ser efetiva sem reconhecer e abordar essas desigualdades, de maneira a assegurar que políticas públicas promovam a inclusão geral e, ao mesmo tempo, equidade de gênero genuína.

Nesse sentido, a transição justa vai além de uma perspectiva puramente ambiental ou da análise das transformações em evidência. Trata-se de uma ideia que afirma o direito fundamental de todo indivíduo e sociedade a ser assistido diante de inovações – sejam tecnológicas, de políticas públicas ou fenômenos naturais – que desestruturam suas formas de viver e produzir. Essa assistência deve possibilitar a construção de novas maneiras de subsistir e se desenvolver, envolvendo uma visão ampla de justiça social e econômica. Com as crescentes discussões globais e o reconhecimento da necessidade de uma transição justa, esse conceito se solidifica como um instrumento de direitos humanos.

Por isso, nesse momento histórico, é imprescindível que sua aplicação englobe tanto os atingidos pela transição energética e pela economia de baixo carbono quanto aqueles impactados pelas transformações tecnológicas da Revolução 4.0, como inteligência artificial (IA), digitalização e robotização. Assim, a transição justa apresenta-se como um compromisso multidimensional, que exige cooperação internacional, investimentos sociais robustos e uma ação coordenada entre governos, empresas e sociedade civil.

2 A TRANSIÇÃO JUSTA COMO PARADIGMA PARA A SUSTENTABILIDADE E A JUSTIÇA SOCIAL

O conceito sedimentado de transição justa visa garantir que as transformações necessárias rumo a uma economia mais sustentável sejam implemen-

tadas de maneira equitativa e inclusiva, evitando que grupos vulneráveis sejam prejudicados, afinal, conforme elenca Stephen Williams e Andréanne Doyon³⁸⁷, “Não podemos alcançar uma transição sustentável sem justiça, de fato, uma transição injusta não é sustentável”.

Assim, a finalidade da transição justa é mitigar os impactos sociais das mudanças climáticas, especialmente em setores que serão diretamente afetados pela transição para uma economia de baixo carbono, como as indústrias de combustíveis fósseis e as de alto consumo energético. Para isso, ela envolve políticas que visam requalificar a mão de obra, criar empregos verdes e oferecer proteção social adequada aos trabalhadores e comunidades mais impactadas.

A concepção de transição justa tem ganhado destaque nos círculos econômicos e políticos, porém sua implementação enfrenta desafios. As iniciativas de transições energéticas variam conforme o contexto geográfico, político e econômico, o que dificulta uma aplicação universal. Além disso, há divergências conceituais sobre quais seriam os elementos constitutivos das políticas para transição justa. Enquanto sindicatos e organizações trabalhistas defendem a requalificação dos trabalhadores e investimentos direcionados, grupos de justiça ambiental e climática focam no envolvimento comunitário e na governança participativa³⁸⁸.

Embora haja convergência em áreas como sustentabilidade e criação de empregos verdes, ainda se busca alinhamento entre diferentes setores. As particularidades regionais acrescentam complexidade, pois soluções energéticas, como a solar, podem ser mais adequadas que a eólica em alguns contextos, mas não viáveis em todos os locais.

Como apontam Matthew Henry, Morgan Bazilian e Chris Markuson³⁸⁹, é fundamental documentar políticas, processos e resultados entre as organizações que adotaram os princípios de transição justa, promovendo a construção de coalizões e o compartilhamento de informações para otimizar recursos em diferentes escalas. Além disso, a implementação de políticas centradas na comunidade deve ser priorizada nas regiões mais afetadas pela transição energética, em conjunto com as necessidades de outros setores governamentais e industriais.

A transição justa empenha-se em criar oportunidades econômicas inclusivas, promovendo o crescimento sustentável em setores emergentes e de alta tecnologia, como as energias renováveis. O objetivo é que a transição incentive a criação de empregos decentes e produtivos ao longo de toda a cadeia

387 WILLIAMS, Stephen; DOYON, Andréanne. Justice in energy transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. [s. l.], v. 31, p. 144-153, 2019. (tradução nossa).

388 WILLIAMS, Stephen; DOYON, Andréanne. Justice in energy transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. [s. l.], v. 31, p. 144-153, 2019. (tradução nossa).

389 HENRY, Matthew S.; BAZILIAN, Morgan D.; MARKUSON, Chris. Just transitions: histories and futures in a post-COVID world. *Energy Research & Social Science*, [s. l.], v. 68, p. 101668, 2020.

de valor, contribuindo para a diversificação das economias locais e regionais. Dessa forma, aqueles afetados pela transformação de setores tradicionais terão acesso a novas oportunidades de trabalho, além de serem capacitados para enfrentar os desafios do atual mercado.

Outro aspecto crucial é o fortalecimento do diálogo social. Ao promover a participação ativa de governos, empresas, sindicatos e sociedade civil, a transição justa garante que as decisões sobre mudanças estruturais sejam tomadas de forma inclusiva, evitando que desigualdades sociais sejam ampliadas. A cooperação entre esses diferentes setores é vital para garantir que as políticas públicas sejam efetivas e capazes de integrar as dimensões ambiental, econômica e social de forma coesa.

Além de cumprir essas metas, a transição justa se alinha com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), particularmente com a erradicação da pobreza (ODS 1), promoção de trabalho decente e crescimento econômico (ODS 8) e ação climática (ODS 13), configurando-se como uma ferramenta estratégica para garantir que a transformação para uma economia sustentável, ao mesmo tempo em que atenda às metas ambientais, promova a inclusão social e a justiça econômica.

Desse modo, a transição justa exerce uma função imprescindível na promoção de um futuro ambientalmente equilibrado e socialmente equitativo, ao garantir que os esforços para combater as mudanças climáticas sejam realizados com equidade, sem abandonar aqueles que são mais vulneráveis às mudanças estruturais no mercado de trabalho e na economia global.

Contudo, não são apenas as mudanças na matriz energética e na busca por uma produção mais sustentável que estão reorganizando o modelo produtivo. A Revolução 4.0 e suas inovações introduzidas na estrutura produtiva têm mostrado uma capacidade avassaladora de transformar as formas de viver e produzir, gerando instabilidade econômica e social para um grande número de pessoas e regiões. Por isso, essas transformações precisam ser acompanhadas por um processo de transição que seja justo com aqueles cuja capacidade de produzir e se desenvolver será impactada. Defende-se, neste estudo, que a transição justa seja vista, no atual momento histórico, como uma cobertura que envolve tanto a questão da sustentabilidade ambiental quanto a adaptação às novas realidades tecnológicas, como a inteligência artificial.

Assim como nas questões climáticas, os trabalhadores mais vulneráveis – aqueles em funções manuais ou de baixa qualificação – correm o risco de ser excluídos da nova economia digital, caso não haja políticas que priorizem sua capacitação e integração nos novos mercados emergentes.

Desse modo, a transição justa, para ser efetiva, não pode beneficiar apenas os setores mais qualificados e abandonar aqueles que enfrentam

maiores barreiras econômicas e sociais. Observa-se que a corrente transformação setorial e econômica ocorre em uma escala e em uma velocidade maior do que em qualquer outro período da história recente, o que cria um potencial perigo para trabalhadores e comunidades não inseridas nessas transformações de maneira intrínseca.

Um planejamento transparente que inclua medidas de transição justa evitará medo, oposição e conflitos intercomunitários e intergeracionais. As pessoas precisam visualizar um futuro que lhes permita entender que, apesar das ameaças, existem tanto segurança quanto oportunidades.

A transição justa, em sua essência, representa um compromisso de toda a sociedade, mas, sobretudo, de governos e empresas que se beneficiam das mudanças disruptivas na produção. No que tange à transição ambiental, o cerne é garantir que as transformações rumo a uma economia sustentável sejam inclusivas e socialmente equilibradas, promovendo a segurança e o suporte necessários para aqueles mais vulneráveis a essas mudanças.

Mitigar os impactos negativos sobre trabalhadores e comunidades dependentes de setores intensivos em carbono e assegurar que as oportunidades geradas – como a criação de novos empregos verdes e o crescimento em setores emergentes – sejam distribuídas de forma equitativa é o propósito desse conceito.

Nesse cenário de reestruturação produtiva e busca por sustentabilidade, a inteligência artificial surge como uma das ferramentas mais influentes da contemporaneidade, uma vez que sua aplicação tem o potencial de impulsionar ganhos significativos de eficiência e inovação, mas também acarreta desafios éticos, sociais e econômicos, especialmente no que se refere à exclusão de trabalhadores e à concentração de poder tecnológico.

Assim, torna-se essencial refletir sobre como integrar a inteligência artificial a um modelo de transição justa que contemple não apenas a sustentabilidade ambiental, mas também a inclusão tecnológica e social.

3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E TRANSIÇÃO JUSTA: UM NOVO PARADIGMA DE INCLUSÃO TECNOLÓGICA E SOCIAL

A integração da inteligência artificial nos diversos setores produtivos tem trazido profundas transformações para as economias globais, ao oferecer oportunidades para inovações, maior eficiência e crescimento econômico³⁹⁰. Considerando-se o contexto da Indústria 4.0, sabe-se que:

390 VELOSO, Fernando. **Inteligência artificial e produtividade**: grandes possibilidades para a aceleração do crescimento econômico. FGV, jun. 2023.



O termo “Indústria 4.0” é frequentemente referido como a quarta revolução industrial e engloba um conjunto de avanços tecnológicos que estão tendo um grande impacto no cenário industrial atual³⁹¹.

No entanto, esse processo de modernização tecnológica apresenta desafios, especialmente para trabalhadores em setores vulneráveis à automação.

A Indústria 4.0, ao promover a transformação de produtos e sistemas de manufatura em termos de design, processos, operações e serviços, impacta significativamente o modelo de produção, muitas vezes de maneira disruptiva. Essa mudança afeta diretamente a demanda por mão de obra, alterando a natureza dos empregos e, conseqüentemente, a capacidade dos trabalhadores de se manterem inseridos no mercado de trabalho de forma digna e sustentável.

Nesse contexto, o conceito de transição justa se encaixa como uma resposta aos impactos sociais da digitalização e da automação, de modo a garantir que os benefícios da IA sejam distribuídos de maneira equitativa e inclusiva.

A transição justa aplicada à IA emerge para proteger os trabalhadores e as comunidades cujas funções e ramos produtivos estão em risco de deterioração ou mesmo de extinção devido à automação, particularmente em setores de baixa qualificação e maior vulnerabilidade.

As pesquisas recentes apontam que a automação, impulsionada pela IA, ameaça eliminar empregos tradicionais em larga escala, como os da manufatura, logística, serviços e transporte, enquanto cria oportunidades em setores especializados, muitas vezes inacessíveis para trabalhadores sem qualificação técnica adequada. O gráfico da *Future of Jobs Report*³⁹², pesquisa oriunda do *World Economic Forum*, mostra o crescimento da concentração relativa de tecnologias de inteligência artificial por setor entre 2016 e 2024.

A análise revela que a adoção da IA varia entre as indústrias, sendo que algumas avançam rapidamente, enquanto outras enfrentam um crescimento mais contido. O setor de Tecnologia, Informação e Mídia lidera essa transformação, apresentando um crescimento exponencial e ultrapassando 400% até 2024, o que evidencia sua forte dependência da IA para inovação e competitividade. Além desse setor, Educação e Serviços Profissionais também demonstram um crescimento expressivo, superando os 200%. A crescente digitalização da educação e a automação de processos corporativos impulsionam essa tendência. Serviços Financeiros seguem uma trajetória ascendente,

391 PEREIRA, Ana Carolina; ROMERO, Fernando. A review of the meanings and the implications of the industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, [s. l.], v. 13, p. 1206-1214, 2017. (tradução nossa).

392 WORLD ECONOMIC FORUM (WHO). *The Future of Jobs Report 2025*. Genebra: WHO, 2025.

refletindo a incorporação da IA em análise de risco, atendimento ao cliente e operações bancárias automatizadas³⁹³.

Por outro lado, setores como Manufatura, Utilities (serviços públicos), Transporte e Administração Pública apresentam um crescimento mais moderado, sugerindo desafios na implementação da IA devido a fatores como infraestrutura, regulamentação e complexidade operacional. Saúde e Hospitais e Petróleo, Gás e Mineração apresentam menor variação ao longo do tempo, possivelmente devido a barreiras regulatórias e dificuldades técnicas para a aplicação escalável da IA nesses segmentos³⁹⁴.

O cenário acima apresentado impõe o desafio de impedir que os avanços tecnológicos provoquem o desmantelamento da teia produtiva responsável por garantir a subsistência econômica e social dos diversos ramos afetados por essas novas tecnologias disruptivas. Para isso, é necessário, por exemplo, promover a requalificação e a capacitação dos trabalhadores, garantindo que eles tenham as habilidades necessárias para prosperar na nova economia digital.

Ainda de acordo com a *Future of Jobs Report*³⁹⁵, pesquisa oriunda do *World Economic Forum*, diante dessas demandas de habilidades em evolução, a escala de aprimoramento e requalificação da força de trabalho prevista continua sendo significativa: se a força de trabalho mundial fosse composta por 100 pessoas, 59 precisariam de treinamento até 2030. Destas, os empregadores preveem que 29 poderiam aprimorar suas habilidades em seus cargos atuais e 19 poderiam ser requalificadas e realocadas para outras funções dentro da organização. No entanto, 11 provavelmente não receberiam a requalificação ou aprimoramento necessários, deixando suas perspectivas de emprego cada vez mais em risco.

No que diz respeito aos empregos com declínio mais rápido, com base no crescimento líquido percentual, o *World Economic Forum*³⁹⁶ apresenta um gráfico que demonstra que os funcionários do serviço postal lideram essa tendência negativa, seguidos por caixas de banco e funcionários relacionados, auxiliares de entrada de dados e caixas e bilheteiros. Além disso, funções administrativas, como assistentes administrativos e secretários executivos, também apresentam quedas significativas, o que pode ser atribuído à adoção crescente de tecnologias que automatizam processos organizacionais. Da mesma forma, atividades relacionadas à impressão e ao comércio, incluindo trabalhadores de impressão e comércio relacionado, sofrem com a migração para o meio digital e a redução da demanda por serviços físicos.

393 WORLD ECONOMIC FORUM (WHO). *The Future of Jobs Report 2025*. Genebra: WHO, 2025.

394 WORLD ECONOMIC FORUM (WHO). *The Future of Jobs Report 2025*. Genebra: WHO, 2025.

395 WORLD ECONOMIC FORUM (WHO). *The Future of Jobs Report 2025*. Genebra: WHO, 2025.

396 WORLD ECONOMIC FORUM (WHO). *The Future of Jobs Report 2025*. Genebra: WHO, 2025.

O setor contábil também figura entre os empregos em declínio, com auxiliares de contabilidade, escrituração contábil e folha de pagamento enfrentando desafios devido à automação contábil e ao uso de *softwares* avançados. Funções operacionais, como auxiliares de registro de materiais e estoque e atendentes e condutores de transporte, estão sendo impactadas pela otimização logística e pelo avanço de sistemas autônomos.

Outras profissões que sofrem perdas incluem vendedores porta-a-porta e ambulantes, os quais são substituídos por plataformas de *e-commerce*, bem como designers gráficos, cuja oferta crescente de ferramentas de design automatizado reduz a necessidade de profissionais humanos. Por fim, profissões como ajustadores de sinistros, autoridades legais, secretários jurídicos e operadores de telemarketing também enfrentam declínio, seja pela digitalização dos processos ou pela mudança nos hábitos de consumo e comunicação³⁹⁷.

Estudos indicam que a inteligência artificial tem o potencial de ampliar as desigualdades existentes, principalmente ao impactar negativamente o mercado de trabalho. Em países de baixa e média renda, a IA substitui empregos em setores como *call centers* e suporte técnico por tecnologias automatizadas, como *chatbots*. Embora novos empregos sejam criados para tarefas como anotação de dados e moderação de conteúdo, essas funções são mal remuneradas e precárias, aprofundando a desigualdade. Enquanto isso, os países mais ricos continuam a concentrar os maiores ganhos econômicos resultantes do avanço da IA³⁹⁸.

Por isso o conceito de transição justa inserido no debate da inteligência artificial torna-se tão importante, pois expõe o problema e demanda que a academia, os governos, os organismos internacionais e as empresas se debruçam sobre a questão e desenvolvam saídas, uma vez que garantir uma transição justa requer planos e políticas.

Em consonância com o *World Economic Forum*³⁹⁹, a transição para uma economia neutra em carbono e a adoção da inteligência artificial são duas das grandes transformações esperadas na década de 2020, ambas com impactos significativos nos empregos.

A Agência Internacional de Energia (AIE) estima que até 2030 poderão ser criados cerca de 14 milhões de novos empregos no setor de energia limpa. No entanto, se essa transição for deixada apenas às forças de mercado, haverá a perda de empregos em regiões que dependem da extração de combustíveis

397 WORLD ECONOMIC FORUM (WHO). *The Future of Jobs Report 2025*. Genebra: WHO, 2025.

398 NEW AMERICA. *Artificial intelligence and justice*. 2023.

399 WORLD ECONOMIC FORUM (WHO). *How a just transition and climate action can create more and better jobs*. Genebra: WHO, 2024.

fósseis e da indústria automobilística, uma vez que motores elétricos demandam menos mão de obra do que os motores de combustão interna⁴⁰⁰.

Nesse sentido, o debate sobre o impacto da inteligência artificial nos empregos, tanto em termos de quantidade quanto de qualidade, permanece intenso. Os avanços na IA ampliaram as habilidades suscetíveis à automação, o que, por um lado, pode tornar o trabalho mais envolvente ao automatizar tarefas repetitivas, mas, por outro lado, pode também precarizar o trabalho.

A automação de funções que anteriormente exigiam conhecimento humano pode levar à desqualificação de ocupações, permitindo a contratação de trabalhadores menos qualificados, com salários mais baixos e em contratos temporários. Além disso, o uso de ferramentas de gerenciamento algorítmico levanta preocupações sobre a privacidade e os riscos à saúde e à segurança dos trabalhadores.

A cooperação internacional e a intervenção governamental são urgentemente necessárias para garantir que as transições relacionadas à IA e à ação climática beneficiem a sociedade e os trabalhadores. Embora o engajamento político em questões climáticas tenha avançado, o debate sobre a regulamentação da IA ainda está em estágio inicial.

Por outro lado, observa-se que vários países estão se comprometendo com a implementação de uma transição justa, tomando medidas concretas para garantir que as mudanças necessárias sejam inclusivas e equitativas.

No Canadá, o *Sustainable Jobs Act* de 2023 criou um Conselho de Parceria para Empregos Sustentáveis, envolvendo sindicatos e indústrias no processo. Na Escócia, a Comissão de Transição Justa oferece monitoramento independente e aconselhamento para garantir que a justiça social esteja no centro das ações climáticas.

O Egito estabeleceu uma meta ambiciosa de gerar 42% de sua eletricidade a partir de fontes renováveis até 2030, com a transição sendo apoiada por investimentos em energia verde e a aposentadoria gradual de usinas de combustíveis fósseis. Como parte desse esforço, um projeto está sendo desenvolvido para identificar as competências necessárias para essa transição, utilizando ferramentas de inteligência artificial para mapear ocupações e habilidades em demanda no setor de energia verde. Com base nos dados coletados de trabalhadores, a IA criará uma taxonomia de competências essenciais, oferecendo orientação sobre caminhos de carreira sustentáveis para aqueles em busca de novas oportunidades⁴⁰¹.

400 WORLD ECONOMIC FORUM (WHO). *How a just transition and climate action can create more and better jobs*. Genebra: WHO, 2024.

401 CLIMATE INVESTMENT FUNDS (CLIF). *Leveraging Artificial Intelligence to Identify Green Skills Needed for Egypt's Energy Transition*. [2025?].

O Brasil tem se destacado nas discussões globais sobre a transição energética justa, especialmente no contexto do G20 e do BRICS. A inclusão de uma transição energética que considere aspectos sociais e ambientais é vista como essencial para garantir que o país avance rumo a uma economia de baixo carbono sem deixar trabalhadores e regiões vulneráveis para trás⁴⁰². O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) tem promovido iniciativas que buscam caminhos para uma transição energética justa e segura, enfatizando a necessidade de conciliar segurança energética, justiça social e sustentabilidade econômica. O foco está em criar políticas públicas que garantam oportunidades de emprego e crescimento econômico sustentável.

Em parceria com a ONU, o Brasil lançou uma plataforma global para promover a transição energética justa e sustentável. A plataforma busca desenvolver estratégias que assegurem que essa transição beneficie todas as partes envolvidas, principalmente trabalhadores e comunidades afetadas pela mudança para uma economia mais verde⁴⁰³.

Os trabalhadores e comunidades dependentes de combustíveis fósseis não encontrarão fontes alternativas de renda e receita da noite para o dia. É por isso que a transformação não se trata apenas de eliminar gradualmente os setores poluentes, mas também de novos empregos, novas indústrias, novas habilidades, novos investimentos e a oportunidade de criar uma economia mais igualitária e resiliente.

No âmbito da Revolução 4.0, a transição justa na era da IA exige que sejam implementadas políticas públicas que assegurem uma rede de proteção social, a fim de apoiar os trabalhadores durante os períodos de transição. Isso pode incluir o fortalecimento de mecanismos de proteção, como o seguro-desemprego, programas de requalificação e incentivos à criação de empregos em áreas emergentes, como a indústria verde e as tecnologias sustentáveis.

Tamara Kneese⁴⁰⁴ afirma que as cadeias de produção e hierarquias no desenvolvimento de IA são marcadas por assimetrias de poder, tanto globais quanto internas, entre líderes corporativos e desenvolvedores. Essas desigualdades criam uma desconexão entre as iniciativas corporativas de sustentabilidade e o ativismo climático dentro das empresas. As metas de emissão líquida zero das corporações muitas vezes se baseiam em promessas especulativas, enquanto a responsabilidade ambiental é comprometida por práticas como as compensações de carbono, que têm se mostrado ineficazes e, em alguns casos, prejudiciais às comunidades vulneráveis.

402 INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Transição energética justa está entre as principais recomendações para o G20 e os BRICS**. Rio de Janeiro: IPEA, 2024.

403 BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Brasil e ONU lançam plataforma global para transição energética justa e sustentável**. 2024.

404 KNEESE, Tamara. **Climate justice & labor rights**. 2023.

Kneese⁴⁰⁵ explica que embora alguns tecnólogos estejam buscando soluções inovadoras para reduzir as emissões de carbono na indústria, especialmente em tarefas de alta energia, como o aprendizado de máquina, os desenvolvedores nem sempre têm controle sobre as condições de trabalho, sendo frequentemente pressionados por prazos e outras prioridades internas. Além disso, as cadeias de suprimentos complexas da IA dificultam o senso de responsabilidade dos desenvolvedores, que podem sentir que têm pouco controle sobre os impactos éticos de seu trabalho.

Outro aspecto crucial desse debate é a responsabilidade ética no desenvolvimento e implementação da IA. A transição justa precisa incorporar a discussão sobre o uso responsável da IA e abordar questões como transparência, privacidade e os possíveis vieses algorítmicos que podem reforçar discriminações de gênero, raça e classe. Uma transição justa requer que as tecnologias sejam desenvolvidas de maneira que respeitem os direitos fundamentais e promovam a igualdade de oportunidades, assegurando que todos os grupos sociais tenham voz no processo de digitalização.

Jorge Muniz Junior, Fernando Ramalho Martins, João Paulo de Oliveira Santos e Daniel Wintersberger⁴⁰⁶ produziram o artigo intitulado *The perspective of trade union leaders from the Brazilian metallurgical sector on Industry 4.0*. Nele, os autores destacaram que os representantes do Sindicato dos Metalúrgicos expressaram preocupações em relação à implementação da Indústria 4.0 no Brasil, destacando que os trabalhadores têm sido excluídos dos processos decisórios e que faltam políticas públicas eficazes e treinamentos adequados. Além disso, o grupo analisado demonstrou uma compreensão limitada da Indústria 4.0, muitas vezes associando-a a conceitos antigos de automação da década de 1980⁴⁰⁷.

A maioria dos entrevistados não possuía uma visão holística da Indústria 4.0. Apenas um entrevistado mencionou a inteligência artificial (IA) integrada a robôs, onde as máquinas são controladas digitalmente por meio de uma rede pela internet, desde a entrada de materiais até a saída do produto, tudo por meio de dados fornecidos e reconhecidos pela IA. Foi identificado na base de dados (Google Forms) que esse entrevistado tem um conceito derivado da teoria, já que ele não registrou um caso de implementação em sua

405 KNEESE, Tamara. *Climate justice & labor rights*. 2023.

406 MUNIZ JUNIOR, Jorge *et al.* The perspective of trade union leaders from the Brazilian metallurgical sector on Industry 4.0. *Gestão & Produção*, [s. l.], v. 30, e5422, 2023.

407 MUNIZ JUNIOR, Jorge *et al.* The perspective of trade union leaders from the Brazilian metallurgical sector on Industry 4.0. *Gestão & Produção*, [s. l.], v. 30, e5422, 2023.



empresa. O presidente da IndustriALL Brasil e o líder sindical confirmaram que a Indústria 4.0 é uma “caixa-preta” para os trabalhadores. Além disso, ambos destacaram que os entrevistados relacionam a Indústria 4.0 com conceitos tradicionais de automação, robótica e tecnologia da informação, todos conectados à reestruturação produtiva brasileira dos anos 90⁴⁰⁸.

Os autores evidenciaram, ainda, que a participação ativa dos trabalhadores nesse processo é considerada fundamental para melhorar a implementação tecnológica e garantir uma transição mais eficiente, mas a ausência de uma visão holística pode trazer desafios adicionais, bem como que se faz necessária pesquisa adicional sobre a participação sindical no contexto da Indústria 4.0, especialmente em países periféricos como o Brasil⁴⁰⁹.

Dimitris Stevis⁴¹⁰ indaga se o alcance da transição justa deve ser ampliado para além da energia climática ou se isso diluiria seus impactos, argumentando que, evidentemente, as mudanças climáticas afetam tudo na Terra, um argumento bastante convincente. No entanto, essa abordagem restringe o escopo do meio ambiente e dos danos ambientais, ao tornar outras preocupações existenciais valores heterônomos ou derivados.

Em termos práticos, isso marginaliza trabalhadores e comunidades diretamente prejudicados pelo agronegócio, pela privatização da água, pela automação, pela relocação, pelos produtos tóxicos que utilizam para sobreviver e pelo colapso dos ecossistemas. Isso também obscurece o fato de que muitos trabalhadores e comunidades nesses setores se beneficiam bastante e, assim como os trabalhadores de combustíveis fósseis, resistirão a uma transição ecológica, especialmente se for injusta.

A inteligência artificial, especialmente em setores industriais, tem o potencial de substituir uma vasta gama de tarefas manuais, muitas delas desempenhadas por trabalhadores de baixa qualificação. Esses trabalhos de “chão de fábrica” estão entre os mais suscetíveis à automação. No entanto, ao invés de ignorar ou minimizar os impactos dessa transformação, a transição justa deve focar em requalificar esses trabalhadores, garantindo que eles tenham acesso às novas oportunidades geradas pela automação, seja em posições técnicas ou em áreas emergentes ligadas à digitalização.

408 MUNIZ JUNIOR, Jorge *et al.* The perspective of trade union leaders from the Brazilian metallurgical sector on Industry 4.0. *Gestão & Produção*, [s. l.], v. 30, e5422, 2023.. (tradução nossa).

409 MUNIZ JUNIOR, Jorge *et al.* The perspective of trade union leaders from the Brazilian metallurgical sector on Industry 4.0. *Gestão & Produção*, [s. l.], v. 30, e5422, 2023.

410 STEVIS, Dimitris. The globalization of just transition in the world of labour: the politics of scale and scope. *Tempo Social*, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 59-80, 2021.

A transição justa, nesse contexto, não se limita à sustentabilidade ambiental, mas também deve garantir um desenvolvimento social equilibrado, no qual a inclusão digital é um elemento chave.

Nessa senda, a IA representa uma fronteira importante para o futuro do trabalho, e a transição justa desempenha um papel essencial em garantir que os ganhos da automação sejam compartilhados amplamente, sem deixar que os trabalhadores mais vulneráveis sejam excluídos dos benefícios da nova economia digital. Assim como ocorre nas transições energéticas, a transição justa aplicada à IA deve se basear na inclusão, no diálogo social e na proteção dos direitos laborais e humanos, assegurando que a era da automação seja sinônimo de progresso para toda a sociedade.

As inovações tecnológicas, quando mal geridas, podem acentuar desigualdades preexistentes. Além disso, a inteligência artificial, ao automatizar processos industriais e comerciais, muitas vezes ignora os trabalhadores de baixa qualificação. Nesse sentido, a transição justa precisa incluir a criação de políticas de inclusão tecnológica, como programas de capacitação digital e suporte financeiro para os trabalhadores em transição.

Sem essa abordagem ética, a automação e a IA podem aprofundar o abismo entre os que têm acesso às novas tecnologias e aqueles que estão à margem dessa revolução. A inteligência artificial tem impulsionado mudanças consideráveis nas economias globais, criando oportunidades e desafios, principalmente para trabalhadores em funções suscetíveis à automação. Nesse contexto, a transição justa pode desempenhar um papel crucial ao garantir que os benefícios da IA sejam acessíveis a todos, promovendo a requalificação dos trabalhadores e a inclusão tecnológica. Para que essa transformação seja equitativa, é necessário um planejamento estratégico que assegure tanto o desenvolvimento sustentável quanto a proteção social, visando mitigar o impacto da automação e promover um crescimento inclusivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises realizadas neste estudo, evidencia-se que o conceito de transição justa se configura como uma estrutura teórica fundamental para enfrentar as mudanças disruptivas resultantes da Revolução 4.0 e da transição energética.

O objetivo principal da pesquisa foi analisar como esse conceito orienta a formulação de políticas públicas integradas à sustentabilidade ambiental e à justiça social. O presente capítulo, portanto, se propôs a demonstrar que transição justa é, ao mesmo tempo, um compromisso ético e um imperativo



pragmático para garantir que os avanços tecnológicos e as exigências ambientais não agravem desigualdades socioeconômicas, reforçando a dignidade humana e os direitos fundamentais das populações vulneráveis. Observou-se que a ausência de políticas coordenadas e inclusivas agrava as vulnerabilidades sociais frente às rápidas transformações tecnológicas e ambientais.

Os resultados da pesquisa apontam que políticas públicas eficazes devem necessariamente contemplar programas robustos de requalificação profissional, fortalecimento do diálogo social e proteção social ampla para trabalhadores afetados tanto pelas mudanças causadas por uma economia de baixo carbono como pela digitalização e automação.

No entanto, a produção acadêmica sobre o tema ainda é escassa e faltam análises empíricas sobre a aplicação prática de políticas públicas de transição justa, especialmente em contextos como o brasileiro. Essa limitação sugere a necessidade de futuras pesquisas que analisem casos concretos, permitindo uma compreensão mais profunda dos desafios e oportunidades na implementação da transição justa.

Recomenda-se, portanto, que estudos futuros explorem análises comparativas regionais e internacionais, assim como o papel estratégico das organizações da sociedade civil, sindicatos e empresas na construção e execução de políticas públicas baseadas no conceito de transição justa. Outro ponto relevante para pesquisas futuras é o desenvolvimento e a aplicação de mecanismos inovadores de financiamento, especialmente em países em desenvolvimento, para viabilizar ações efetivas de inclusão tecnológica e energética. Por fim, este estudo reforça a ideia central de que nenhuma transformação produtiva ou tecnológica será verdadeiramente sustentável sem equidade social e inclusão.

A transição justa representa, portanto, não apenas um marco teórico, mas um apelo à ação concreta por parte de governos, empresas e sociedade civil. Ao posicionar a equidade no cerne das transformações econômicas e sociais, o conceito oferece um caminho para um desenvolvimento equilibrado e inclusivo, em prol de uma sociedade mais justa, sustentável e resiliente.

REFERÊNCIAS

BONET PÉREZ, Jordi; BERTOLDI, Márcia Rodrigues. Pressupostos políticos-jurídicos e de ação de um novo paradigma socioeconômico para abordar sustentavelmente as mudanças climáticas e a pobreza. **Veredas do Direito**,

Belo Horizonte, v. 21, e212639, 2024. Disponível em: <http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/view/2639>. Acesso em: 14 mar. 2026.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Brasil e ONU lançam plataforma global para transição energética justa e sustentável.** 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2024/setembro/brasil-eonu-lancam-plataforma-global-para-transicao-energetica-justa-e-sustentavel>. Acesso em: 30 set. 2025.

CAF. **O que é uma transição verde e justa?** 2023. Disponível em: <https://www.caf.com/pt/blog/o-que-e-uma-transicao-verde-e-justa/>. Acesso em: 20 ago. 2025.

CENTRAL ÚNICA DOS TRABALHADORES (CUT). **Transição justa:** uma proposta sindical para abordar a crise climática e social. São Paulo: CUT, 2021. Disponível em: <https://transicaojusta.cut.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Transicao-Justa.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2025.

CLIMATE INVESTMENT FUNDS (CLIF). **Leveraging Artificial Intelligence to Identify Green Skills Needed for Egypt's Energy Transition.** [2025?]. Disponível em: <https://www.cif.org/just-transition-toolbox/toolbox-action/leveraging-artificial-intelligence-identify-green-skills>. Acesso em: 22 ago. 2025.

HEFFRON, Raphael J.; McCAULEY, Daren. What is the “just transition”? **Geoforum**, [s. l.], v. 88, p. 74-77, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.11.016>. Acesso em: 8 ago. 2025.

HENRY, Matthew S.; BAZILIAN, Morgan D.; MARKUSON, Chris. Just transitions: histories and futures in a post-COVID world. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 68, p. 101668, 2020. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7351418/>. Acesso em: 14 ago. 2025.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). **Guidelines for a just transition towards environmentally sustainable economies and societies for all.** Genebra: ILO, 2016. Disponível em: <https://www.ilo.org/publications/guidelines-just-transition-towards-environmentally-sustainable-economies>. Acesso em: 21 set. 2025.



INTERNATIONAL TRADE UNION CONFEDERATION (ITUC). **Just Transition Centre**. [2025?]. Disponível em: <https://www.ituc-csi.org/just-transition-centre>. Acesso em: 30 out. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Transição energética justa está entre as principais recomendações para o G20 e os BRICS**. Rio de Janeiro: IPEA, 2024. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/categorias/45-todas-as-noticias/noticias/15006-transicao-energetica-justa-esta-entre-as-principais-recomendacoes-para-o-g20-e-os-brics>. Acesso em: 30 out. 2024.

KNEESE, Tamara. **Climate justice & labor rights**. 2023. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4533853. Acesso em: 21 ago. 2025.

MUNIZ JUNIOR, Jorge *et al.* The perspective of trade union leaders from the Brazilian metallurgical sector on Industry 4.0. **Gestão & Produção**, [s. l.], v. 30, e5422, 2023. Disponível em: <https://www.gestaoeproducao.com/journal/gp/article/doi/10.1590/1806-9649-2022v29e5422>. Acesso em: 29 ago. 2025.

NEW AMERICA. **Artificial intelligence and justice**. 2023. Disponível em: <https://www.newamerica.org/the-thread/artificial-intelligence-justice/>. Acesso em: 30 set. 2025.

NEWELL, Peter; MULVANEY, Dustin. The political economy of the “just transition”. **The Geographical Journal**, [s. l.], v. 179, p. 132-140, 2013. Disponível em: <https://rgs-ibg.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/geoj.12008>. Acesso em: 25 jul. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Acordo de Paris**. Paris: Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-08/Acordo-de-Paris.pdf>. Acesso em: 15 out. 2025.

PEREIRA, Ana Carolina; ROMERO, Fernando. A review of the meanings and the implications of the industry 4.0 concept. **Procedia Manufacturing**, [s. l.], v. 13, p. 1206-1214, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917306649>. Acesso em: 30 set. 2025.

PLATAFORMA TRANSIÇÃO JUSTA. **O que é Transição Justa e por que fazer.** [2023?]. Disponível em: <https://transicaojusta.org.br/>. Acesso em: 14 set. 2025.

ROBINS, Nick; BRUNSTING, Vonda; WOOD, David. **Climate change and the just transition:** a guide for investor action. Londres: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. London: London School of Economics and Political Science, 2018. Disponível em: https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2018/12/Climate-change-and-the-just-transition_Guide-for-investor-action.pdf. Acesso em: 15 jul. 2025.

STEVIS, Dimitris. The globalization of just transition in the world of labour: the politics of scale and scope. **Tempo Social**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 59-80, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ts/a/Fytk378xvFvsYD3yqfNLqsb/?lang=en>. Acesso em: 25 ago. 2025.

TASQUETTO, Lucas da Silva. **Dimensionando a transição justa:** internacionalização do conceito e sua incorporação ao financiamento da transição. Eixo 4: Comércio, Investimento, Negócios. [S. l.]: Instituto Brasil-União Europeia; European Union, 2024. Disponível em: <https://europa.fecap.br/wp-content/uploads/2024/07/Report-4-eixo-4-junho-de-2024-v2.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2026.

UK GOVERNMENT WEB ARCHIVE. **Supporting the conditions for a just transition internationally:** green growth, decent work, and economic prosperity in the transition to net zero. 2021. Disponível em: <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20230313132211/https://ukcop26.org/supporting-the-conditions-fora-just-transition-internationally/>. Acesso em: 26 jul. 2025.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Work programme on just transition pathways referred to in the relevant paragraphs of decision 1/CMA.4. FCCC/PA/CMA/2023/L.14.** Dubai: UNFCCC, 2023. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2023_L14E.pdf. Acesso em: 18 set. 2025.

VELOSO, Fernando. **Inteligência artificial e produtividade:** grandes possibilidades para a aceleração do crescimento econômico. FGV, jun. 2023. Disponível em: <https://portal.fgv.br/artigos/inteligencia-artificial-e>

[produtividade-grandes-possibilidadesaceleracao-crescimento](#). Acesso em: 8 jul. 2025.

WANG, Xinxin; LO, Kevin. Just transition: a conceptual review. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 82, e102291, 2021. Disponível em: https://warwick.ac.uk/fac/arts/schoolforcross-facultystudies/igsd/allsts/school25/programme/wang_and_lo_2021_just_transitions_review.pdf. Acesso em: 19 jul. 2025.

WILLIAMS, Stephen; DOYON, Andréanne. Justice in energy transitions. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, [s. l.], v. 31, p. 144-153, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210422418301588?via%3Dihub>. Acesso em: 30 jul. 2025.

WORLD ECONOMIC FORUM (WHO). **How a just transition and climate action can create more and better jobs**. Genebra: WHO, 2024. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2024/01/just-transition-climate-action-ai-create-more-better-jobs/>. Acesso em: 8 jul. 2025.

WORLD ECONOMIC FORUM (WHO). **The Future of Jobs Report 2025**. Genebra: WHO, 2025. Disponível em: <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/>. Acesso em: 8 jul. 2025.



COSMOPERCEÇÃO INDÍGENA COMO ELEMENTO FUNDAMENTAL PARA UMA TRANSIÇÃO ECOLÓGICA JUSTA

Giovanna Bolletta Perez⁴¹¹

Resumo: O presente trabalho acadêmico tem como objetivo promover a análise da cosmopercepção indígena como fundamental para a concretização de uma transição ecológica justa, especialmente no que diz respeito ao aspecto da inclusão de todos os povos. Assim, foram analisados aspectos da preservação encontrada em terras indígenas, atravessando a questão do marco temporal. Na sequência, foi analisada a colonialidade ambiental, bem como a perspectiva indígena da reciprocidade e alcance da natureza enquanto sujeito de direito. Por fim, a pesquisa apontou caminhos para a transição ecológica justa sob a percepção originária. Dessa forma, foi utilizado o método indutivo da pesquisa científica, através de revisão de bibliografia, especialmente relatórios, textos acadêmicos e legislativos.

411 Doutoranda (bolsa mérito da UPM) e Mestre (bolsa CAPES/PROSUC Mod. II) em Direito Político e Econômico pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Especialista em Direito Internacional e Direitos Humanos pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Graduada em Direito pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Membro dos grupos de pesquisa "Políticas Públicas como Instrumento de Efetivação da Cidadania", "Direito e Desenvolvimento Sustentável", "Direito, Sociedade e Concepções de Justiça" e "Memória e Justiça de Transição". Coordenadora do Núcleo de Comunidades Indígenas e Quilombolas da Comissão de Direitos Humanos da Ordem dos Advogados do Brasil – Seccional São Paulo (triênio 2025-2027). Advogada.



INTRODUÇÃO

É sabido, por conhecimento comum, que os povos originários⁴¹² são guardiões dos saberes tradicionais e de extenso conhecimento sobre meio ambiente e preservação de suas terras. Fato é que tal informação não é só um mito popular. Segundo informações do MapBiomas, divulgadas pelo Ministério dos Povos Indígenas, as terras indígenas perderam menos de 1% da área de vegetação nativa entre os anos de 1985 e 2022, enquanto as áreas privadas, por sua vez, tiveram a devastação de 17%⁴¹³. E o território que habitam não é somente um ponto de preservação ambiental, mas também de reprodução biológica, espiritual e cultural dos povos originários, de modo que a terra não é vista sob a ótica civilista que vigora no território nacional, e sim considerada propriedade coletiva e, por vezes, sagrada. Desse modo, a cosmopercepção indígena está diretamente relacionada com a gestão do território e, conseqüentemente, com a preservação do meio ambiente local em todos os seus aspectos — dentre eles, a fauna e a flora.

Há, no entanto, evidências científicas que apontam para a existência de uma crise climática grave, que causa impacto direto no meio ambiente, independentemente de tratar-se de terra indígena ou não. É, portanto, essa a razão da necessidade de prosseguir para uma transição ecológica justa.

Para que seja possível desenvolver tal perspectiva, é indispensável que haja a consulta e a participação constante dos povos originários, de modo a analisar as cosmopercepções indígenas como fundamento epistemológico e prático, sob pena de reproduzir aspectos de colonialidade ambiental.

Assim, foi utilizado o método indutivo da pesquisa científica, utilizando a revisão bibliográfica, especialmente de artigos científicos, relatórios e textos legislativos, para compor a temática.

412 Aqui faremos uma breve nota introdutória, necessária para o prosseguimento do capítulo. Serão utilizados, na presente pesquisa acadêmica, os termos “indígenas”, “povos indígenas”, “povos originários” e “autóctones”. O cenário mais adequado é designar cada povo por sua etnia, no entanto, nas referências gerais, as terminologias mencionadas são cabíveis. Poderá haver, eventualmente, a menção às palavras “índio” e “silvícolas” quando houver citação direta ou transcrição de textos legais, mas ambas possuem cunho pejorativo, inclusive significando a segunda, diretamente, um indivíduo selvagem. É importante mencionar, por fim, que o Brasil reconhece a existência de vinte e oito povos e comunidades tradicionais – quando necessário falar especificamente de uma delas, como é o caso dos quilombolas, por exemplo, haverá a designação expressa.

413 BRASIL. Ministério dos Povos Indígenas. **Territórios Indígenas são os mais preservados do país**. Brasília, DF: MPI, 2023.

1 A PRESERVAÇÃO DE TERRAS INDÍGENAS COMO REFERÊNCIA INDISPENSÁVEL PARA A QUESTÃO AMBIENTAL

O Brasil possui 13,8% de seu território ocupado por terras indígenas⁴¹⁴. São 1.693.535 autóctones no país, sendo a maior parte (867,9 mil ou 51,2%) habitante da Amazônia Legal, isto é, a região formada pelos estados do Norte, Mato Grosso e parte do Maranhão⁴¹⁵.

Como abordado no texto introdutório, estudo realizado pelo MapBiomias demonstrou que, apesar de ocuparem 13,8% do território nacional, as terras indígenas contêm 19% de toda a vegetação nativa do país e, além disso, em um período de trinta anos, perderam apenas 1% de suas áreas⁴¹⁶.

Tais dados são importantes para que se possa traçar um cenário inicial a respeito das terras indígenas. Inicialmente, cumpre mencionar que os aspectos de preservação do meio ambiente são inerentes à cultura ancestral e à cosmopercepção originária, uma vez que o território é imprescindível para a sua reprodução física, cultural e religiosa. Isto é, sem elas, há o risco iminente de danos irreparáveis à própria existência dos autóctones.

Ademais, a percepção de terra não ocorre da mesma maneira que se observa no Código Civil de 2002⁴¹⁷, pois, além de os povos indígenas, nos termos da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988⁴¹⁸, possuem apenas a posse permanente e o usufruto das terras, sendo a propriedade da União, as áreas são comuns — isto é, de toda a comunidade.

As terras possuem também, por vezes, elementos considerados sagrados, como cemitérios, cachoeiras e outros componentes fundamentais para a formação de sua organização sociocultural. É por tal razão a impossibilidade, em alguns casos, de mero deslocamento da comunidade para outro local, ainda que possua as mesmas dimensões do original.

Mas esse aspecto esbarra em questões importantes relacionadas ao marco temporal das terras indígenas. A teoria, sustentada no ordenamento jurídico brasileiro pela Lei n. 14.701/2023⁴¹⁹, discorre sobre a impossibilidade de

414 BRASIL. Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI). **Painel Terras Indígenas no Brasil**. Brasília, DF: FUNAI, 2024.

415 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Os indígenas no Censo 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

416 MAPBIOMIAS. **Perda de vegetação nativa no Brasil acelerou na última década**. Brasília, DF: MapBiomias, 2023.

417 BRASIL. **Lei n. 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Brasília, DF: Presidência da República, 2002.

418 *Id.* [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

419 *Id.* **Lei n. 14.701, de 20 de outubro de 2023**. Regulamenta o art. 231 da Constituição Federal, para dispor sobre o reconhecimento, a demarcação, o uso e a gestão de terras indígenas; e altera as Leis n. 11.460, de 21 de março de 2007, 4.132, de 10 de setembro de 1962, e 6.001, de 19 de dezembro de 1973. Brasília, DF: Presidência da República, 2023.

demarcação de territórios que não estavam tradicionalmente ocupados na data de 5 de outubro de 1988, ou seja, da promulgação da Constituição de 1988⁴²⁰.

O debate já percorreu caminhos no Supremo Tribunal Federal, através do Recurso Extraordinário n. 1.017.365 (SC), de relatoria do Ministro Edson Fachin e a fixação do tema 1031, antes mesmo da publicação do texto legal. Até a conclusão da presente pesquisa acadêmica, tramitam conjuntamente no STF, sobre a temática, as ADI 7582, ADI 7583, ADI 7586, a ADO 86 e a ADC 87.

A sociedade do Ocidente, especialmente a capitalista, encara a terra como sendo uma propriedade, ou seja, algo possível de ser comprado, alienado, cambiado e explorado até o seu esgotamento. Por conseguinte, a um latifundiário, por exemplo, não faz muita diferença possuir uma faixa de terra ou qualquer outra, se as duas possuírem iguais dimensões e o mesmo potencial de produção. Por seu turno, as comunidades indígenas não se associam à terra como sua propriedade. Isto porque eles se sentem componentes do território em que habitam e possuem relação a ele uma vinculação não somente econômica, como o meio que lhes assegura a subsistência, mas também sentimental, pois nele residem também seus ancestrais, seres vivos e espíritos que compõem sua sistemática de crenças e seus mitos e rituais⁴²¹.

Não é possível, de tal sorte, que seja declarado um marco temporal para a demarcação de terras indígenas, não somente pelas questões relativas à terra propriamente dita, mas também pela impossibilidade de os povos originários figurarem como parte em juízo, previsão que só se concretizou constitucionalmente com o advento do texto de 1988.

Ora, vejamos, os povos que tiveram suas terras invadidas, griladas, ou que foram vítimas de outras tantas violações, sequer poderiam ingressar judicialmente, enquanto partes legítimas, com a finalidade de recuperar os territórios. Assim, muitos acabaram sendo expulsos e deslocados de maneira forçada, sem que houvesse a oportunidade de retomada até a promulgação da Constituição.

O processo demarcatório constitui importante aspecto para a preservação de aspectos étnicos, biológicos, culturais e religiosos dos autóctones, bem

420 BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

421 GONZAGA, Álvaro de Azevedo. **Decolonialismo Indígena**. São Paulo: Matrioska, 2021. p. 44.

como da manutenção do meio ambiente em todos os seus aspectos. Parece-nos, então, apropriado que seja considerado o panorama ambiental como indissociável das terras indígenas.

Nesse diapasão, e com a finalidade de reafirmar tais laços, dados apontam que o desmatamento de terras indígenas localizadas na região amazônica brasileira foi responsável pela emissão de 96 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) entre 2013 e 2021⁴²², fator que influencia diretamente na questão climática mundial.

Aqui encontramos um aumento recente no desmatamento dentro das TIs que coincidiu com uma diminuição na proteção e nos direitos dos povos indígenas. Podemos agora responder que: (1) houve uma tendência significativa de aumento na área de florestas desmatadas dentro e fora das TIs entre 2013 e 2021, com uma intensificação importante no período 2019-2021, (2) dentro das TIs, o desmatamento aumentou significativamente em 195% entre 2019 e 2021, (3) no período 2019-2021, o desmatamento avançou 30% das fronteiras para o interior das TIs e (4) cerca de 96 milhões de toneladas de CO₂ foram emitidas devido ao desmatamento entre 2013 e 2021 nas TIs analisadas⁴²³.

Cumprе mencionar que, em um cenário de crise climática, as terras indígenas se apresentam como referências práticas de sustentabilidade e conservação, desde que não sejam violadas em ações não indígenas de desmatamento e outras agressões. A centralidade ecológica das terras indígenas decorre de suas cosmovisões próprias, por meio das quais a natureza não constitui apenas um objeto a ser economicamente explorado, mas um conjunto de seres com os quais se estabelece uma relação de reciprocidade⁴²⁴.

422 CONSTANTINO, Luciana. Desmatamento em Terras Indígenas provocou a emissão de 96 milhões de toneladas de CO₂. **Agência FAPESP**, São Paulo, abr. 2023.

423 SILVA-JUNIOR, Celso H. L. *et al.* Brazilian Amazon indigenous territories under deforestation pressure. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 1-9, abr. 2023. p. 5 (tradução nossa).

424 Tal posição é reafirmada por autores como Ailton Krenak, que expõe que "Devíamos admitir a natureza como uma imensa multidão de formas, incluindo cada pedaço de nós, que somos parte de tudo: 70% de água e um monte de outros materiais que nos compõem. E nós criamos essa abstração de unidade, o homem como medida das coisas, e saímos por aí atropelando tudo, num convencimento geral até que todos aceitem que existe uma humanidade com a qual se identificam, agindo no mundo à nossa disposição, pegando o que a gente quiser. Esse contato com outra possibilidade implica escutar, sentir, cheirar, inspirar, expirar aquelas camadas do que ficou fora da gente como 'natureza', mas que por alguma razão ainda se confunde com ela. Tem alguma coisa dessas camadas que é quase-humana: uma camada identificada por nós que está sumindo, que está sendo exterminada da interface de humanos muito-humanos. Os quase-humanos são milhares de pessoas que insistem em ficar fora dessa dança civilizada, da técnica, do controle do planeta. E por dançar uma coreografia estranha são tirados de cena, por epidemias, pobreza, fome, violência dirigida" (KRENAK, Ailton. **Ideias para adiar o fim do mundo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2019. p. 69-70).



Essa percepção, comum a diversos povos originários, rompe com a visão antropocêntrica dominante no Ocidente e propõe uma ética ambiental pautada no respeito e na interdependência.

2 COLONIALISMO AMBIENTAL COMO OBSTÁCULO PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROPOSTAS INDÍGENAS

O colonialismo ambiental se apresenta como uma série de políticas e práticas que reforçam e perpetuam, sob o pretexto da promoção de proteção ambiental, estruturas de dominação e exclusão provenientes do colonialismo.

À guisa exemplificativa, o colonialismo ambiental pode se manifestar na tomada de decisões sobre terras indígenas e o uso dos recursos naturais nelas presentes sem que haja consulta à própria comunidade, ou ainda quando os conhecimentos originários são usados de maneira utilitária.

Em que pese a Convenção n. 169 da Organização Internacional do Trabalho prever expressamente, em seu artigo 6º, a necessidade de consulta prévia aos autóctones, por meio de procedimentos apropriados, caso ocorra a previsão de medidas legislativas ou administrativas que afetem diretamente as comunidades, o Brasil caminha na contramão de tal posicionamento⁴²⁵.

A Lei n. 14.701/2023⁴²⁶, já anteriormente mencionada na presente pesquisa, além de trazer, em seu bojo, o marco temporal para a demarcação de terras, dispõe, em seu artigo 20, que o usufruto dos indígenas não se sobrepõe ao interesse da política de defesa e da soberania nacional, prosseguindo, no parágrafo único, com a previsão da possibilidade de instalação de medidas independentemente de consulta às comunidades indígenas envolvidas ou ao órgão indigenista federal competente.

O texto legal refere-se expressamente à instalação de bases, postos, unidades e outras intervenções militares, à exploração e ao resguardo de riquezas, bem como a estratégias de cunho energético e à expansão estratégica da malha viária. Além do impacto direto e indireto na vida da comunidade, tais instalações podem ocasionar dano ambiental significativo.

É notório o desrespeito à autonomia e à autodeterminação dos povos indígenas em território brasileiro, evidenciando uma prática colonial e auto-

425 ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Convenção n. 169 da OIT sobre Povos Indígenas e Tribais**. Genebra: OIT, 1989.

426 BRASIL. **Lei n. 14.701, de 20 de outubro de 2023**. Regulamenta o art. 231 da Constituição Federal, para dispor sobre o reconhecimento, a demarcação, o uso e a gestão de terras indígenas; e altera as Leis n. 11.460, de 21 de março de 2007, 4.132, de 10 de setembro de 1962, e 6.001, de 19 de dezembro de 1973. Brasília, DF: Presidência da República, 2023.

ritária. Assim, seria contraditório ao governo nacional incentivar políticas de conservação, pois, sem a consulta e a consideração dos saberes tradicionais, essas iniciativas reforçam a marginalização dos povos originários, convertendo suas terras em instrumentos de políticas ambientais exógenas, inclusive desconsiderando todo o processo de exploração ao qual já foram submetidos durante a colonização.

A exploração de recursos naturais e a extração de riquezas (minerais, humanas, energéticas e biológicas), a destruição do meio ambiente e epistemologias relacionadas têm sido tradicionalmente consideradas manifestações primárias do colonialismo. Essa dimensão fundamental do colonialismo, denominada [...] como *plunder* ou pilhagem, pode ser evidenciada por meio dos diversos processos históricos de colonização e dominação empreendidos pelo Norte Global ao redor do mundo. Uma jornada histórica pelas diferentes ondas do colonialismo nos mostrará que, apesar das possíveis transformações nas estratégias de colonização, um de seus objetivos principais reside na pilhagem e exploração das riquezas dos países/territórios colonizados⁴²⁷.

Trata-se, assim, de um neocolonialismo ambiental, sobrepondo medidas não indígenas e, por vezes, de caráter etnocêntrico, de modo a gerar, através de uma “política de conservação”, uma nova forma de controle sobre territórios e saberes. Tal recorte é necessário, tendo em vista que, em que pese o fim da colonização nos moldes tradicionais pelos quais é conhecida, o colonialismo permanece se apresentando em diferentes medidas e políticas. Na seara ambiental, é possível compreendê-lo na imposição de epistemologias ocidentais que deslegitimam os conhecimentos indígenas, reduzindo-os a mero folclore⁴²⁸ ou mitologia, sem reconhecê-los como formas válidas de ciência e gestão ecológica.

427 ATILES-OSORIA, José M. Colonialismo ambiental, criminalización y resistencias: las movilizaciones puertorriqueñas por la justicia ambiental en el siglo XXI. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, [s. l.], n. 100, p. 131-152, 2013. p. 135 (tradução nossa).

428 Acrescentamos, aqui, a perspectiva trazida por Ailton Krenak: “O nome *krenak* é constituído por dois termos: um é a primeira partícula, *kre*, que significa cabeça, a outra, *nak*, significa terra. *Krenak* é a herança que recebemos dos nossos antepassados, das nossas memórias de origem, que nos identifica como ‘cabeça da terra’, como uma humanidade que não consegue se conceber sem essa conexão, sem essa profunda comunhão com a terra. Não a terra como um sítio, mas como esse lugar que todos compartilhamos, e do qual nós, os Krenak, nos sentimos cada vez mais desraizados — desse lugar que para nós sempre foi sagrado, mas que percebemos que nossos vizinhos têm quase vergonha de admitir que pode ser visto assim. Quando nós falamos que o nosso rio é sagrado, as pessoas dizem: ‘Isso é algum folclore deles’; quando dizemos que a montanha está mostrando que vai chover e que esse dia vai ser um dia próspero, um dia bom, eles dizem: ‘Não, uma montanha não fala nada’.” (KRENAK, Ailton. *Ideias para adiar o fim do mundo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2019. p. 48-49).

De tal sorte, é possível concluir que tal invalidação do conhecimento originário, subjugado e colocado em posição inferior em processo de hierarquização da ciência, impede o desenvolvimento de propostas indígenas de transição ecológica, que poderiam oferecer soluções inovadoras e mais integradas à realidade dos ecossistemas locais. Assim, há, mais uma vez, o silenciamento sob a perspectiva colonialista, que bloqueia a pluralidade epistemológica necessária para enfrentar a crise climática de modo justo e eficaz.

Além disso, o colonialismo ambiental também se manifesta por meio de instrumentos jurídicos e econômicos que, por sua vez, restringem a autonomia dos povos indígenas. Isto é, propostas de soluções teoricamente sustentáveis, como seria o caso de compensações ambientais e créditos de carbono, podem se tornar verdadeiras ameaças, tendo em vista que transformam, frequentemente, a mata nativa em ativos financeiros, desvinculando-as de seu significado espiritual e cultural.

As hipóteses apresentadas não são impossíveis de concretização no interior de territórios indígenas; porém, para tanto, deve-se desconsiderar a mercantilização da natureza, considerar a lógica indígena de reciprocidade e cuidado e reconhecer a capacidade das comunidades de propor suas próprias estratégias de gestão territorial.

O rio Doce, que nós, os Krenak, chamamos de *Watu*, nosso avô, é uma pessoa, não um recurso, como dizem os economistas. Ele não é algo de que alguém possa se apropriar; é uma parte da nossa construção como coletivo que habita um lugar específico, onde fomos gradualmente confinados pelo governo para podermos viver e reproduzir as nossas formas de organização (com toda essa pressão externa)⁴²⁹.

Fato é que, para avançarmos nas tratativas em combate ao colonialismo ambiental, é inicialmente necessário reconhecer sua existência e sua configuração enquanto obstáculo para o desenvolvimento de uma transição ecológica justa. Assim, apesar do fim do colonialismo formal, a compreensão das consequências presentes nas relações cotidianas e ambientais é um importante passo para soluções viáveis e inclusivas.

Superar o colonialismo ambiental exige, de tal sorte, reconhecer a legitimidade das epistemologias indígenas e garantir que seus modos de gestão sejam incorporados como referenciais nas políticas públicas de transição ecológica.

429 KRENAK, Ailton. *Ideias para adiar o fim do mundo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2019. p. 40-41.

De forma concomitante e, de certo modo, conseqüente, tal medida implica no fortalecimento do direito à autodeterminação, bem como na garantia da realização de consulta prévia em todas as decisões que afetem os territórios.

O reconhecimento dos povos e comunidades indígenas como coprodutores de conhecimento e protagonistas da transição justa e da transformação ecológica global é uma medida para romper com a herança colonial, a fim de promover a criação de espaços institucionais de cogestão e governança ambiental intercultural. Decorre do conhecimento ancestral a concepção da natureza como sujeito de direitos, concepção que rompe com o paradigma antropocêntrico, reconhecendo a personalidade jurídica de rios, florestas, montanhas e ecossistemas, além de assumir sua posição de proteção não apenas em função de sua utilidade para o ser humano, mas por sua própria existência.

No Brasil, a Câmara Municipal de Guajará-Mirim, município localizado no estado de Rondônia, sancionou, no ano de 2023, a Lei Municipal n. 2.579/2023⁴³⁰, que dispõe sobre o reconhecimento dos direitos do Rio Laje – *Komi Memen*. Considerou, ainda, na exposição de motivos, o fato de ser o curso d'água a principal fonte de segurança alimentar dos povos indígenas que vivem na Terra Indígena Igarapé Laje.

O texto legislativo reconheceu ao rio seus direitos intrínsecos enquanto um ente vivo, e o cumprimento das disposições deve ocorrer por meio de um comitê de tutela dos interesses do rio, com reserva de vagas para um indígena da comunidade Igarapé Laje, um membro dos pescadores da região, um membro da Organização Oro Warí — que reúne 24 povos dos municípios de Guajará Mirim e Nova Mamoré, em Rondônia —, uma mulher artesã indígena e um representante da Universidade Federal de Rondônia⁴³¹.

Já quando abordados em nível global, a Constituição da República do Equador de 2008 celebra a Mãe Natureza como vital para a existência humana e, em seu artigo 71, dispõe que “a natureza ou Pacha Mama, onde se reproduz e se realiza a vida, tem direito a que se respeite integralmente sua existência e a manutenção e regeneração de seus ciclos vitais, estruturas, funções e processos evolutivos”⁴³². Tal medida inspira-se nas cosmopercepções indígenas e foi seguida por outros países latino-americanos, como é o caso da Bolívia. Trata-se de uma virada civilizatória, de modo a compreender a necessidade do

430 GUAJARÁ-MIRIM. **Lei n. 2.579/2023**. Dispõe sobre o reconhecimento dos direitos do Rio Laje — Komi Memen — no município de Guajará-Mirim e seu enquadramento como ente especialmente protegido e dá outras providências. Guajará-Mirim: Prefeitura Municipal, 2023.

431 PEREZ, Giovanna Bolletta. **Multiculturalismo como Elemento Fundamental à Garantia dos Direitos Indígenas**: uma análise à luz de laudos e relatórios antropológicos. Leme: Mizuno, 2025. p. 55.

432 EQUADOR. [Constituição (2008)]. **Constitución de La República del Ecuador**. Quito: Presidência da República, 2008. (tradução nossa).



reconhecimento jurídico da interdependência entre seres humanos e natureza. É uma ótica de reciprocidade e coabitação, em completa oposição à perspectiva colonialista de dominação.

Os exemplos acima mencionados demonstram a viabilidade de um universo jurídico baseado em uma percepção indígena, através de uma perspectiva inclusiva e multicultural. É, portanto, uma forma de combate ao colonialismo ambiental.

3 TRANSIÇÃO ECOLÓGICA JUSTA SOB A COSMOPERCEÇÃO INDÍGENA

A construção de uma transição ecológica justa pressupõe a centralidade dos povos indígenas como sujeitos políticos e epistêmicos, não apenas como beneficiários de políticas ambientais. É dessa forma que será possível conciliar a urgência de medidas de proteção com a necessidade de proteger direitos sociais, culturais e territoriais.

Não se trata somente de ações reducionistas (em que pese sua relevância), como a substituição do uso de combustíveis fósseis ou à compensação de emissões, mas de uma mudança civilizatória, compreendendo a relação de interdependência entre a existência humana e a preservação da natureza e seus recursos.

A cosmopercepção indígena se apresenta, de tal sorte, como uma oposição ao modo extrativista e danoso ao meio ambiente, fundamentos do colapso ecológico mundial. A transição ecológica justa se apresenta como uma das principais bandeiras globais frente à crise climática. O conceito busca garantir que as mudanças em direção a uma economia sustentável não agravem desigualdades nem sacrifiquem comunidades vulneráveis. Contudo, esse debate, em geral, é conduzido por instituições ocidentais que ainda mantêm uma visão instrumental da natureza, tratando-a como um conjunto de recursos a serem geridos racionalmente. Diante disso, as cosmopercepções indígenas oferecem uma contribuição decisiva na forma de ver e viver o mundo, considerando a Terra como sujeito, e não objeto, através de uma prática ancestral de reciprocidade e respeito.

A definição de uma transição justa se relaciona diretamente com um conceito de justiça climática, tendo em seus princípios a distributividade, isto é, a alocação de vantagens e ônus entre diferentes indivíduos, gerações e nações. Desse modo, percebe-se com maior clareza as desigualdades entre países, especialmente na presença de comunidades vulnerabilizadas, quando

considerados os riscos e responsabilidades das mudanças climáticas⁴³³. Nesse contexto, o papel indígena na transição ecológica justa não se limita à dimensão ambiental, mas assume também caráter político, epistemológico e civilizatório, de forma a se tornar estrutural.

Trata-se de um papel político, uma vez que desafia as estruturas coloniais e suas consequências, que por séculos negaram o direito de existência dos povos originários, além de seu poder de decisão sobre seus territórios, organização social e modo de vida. É, também, epistemológico, tendo em vista que reivindica o valor dos saberes tradicionais como formas legítimas de conhecimento e ciência, elevando a inteligência ancestral para a solução da questão ambiental. Por fim, é civilizatório, porque oferece uma alternativa concreta à lógica de destruição imposta pela modernidade capitalista e etnocêntrica, trazendo à tona a natureza como sujeito de direitos.

No entanto, para que a cosmopercepção se concretize como um elemento fundamental à transição ecológica justa, é necessário o fomento à autodeterminação dos povos originários, especialmente no que diz respeito às terras. A demarcação e a proteção das terras indígenas são condições indispensáveis para que esse protagonismo ganhe contornos visíveis. Não há transição ecológica justa em territórios invadidos, violados, queimados ou explorados por interesses externos. A defesa desses espaços é, ao mesmo tempo, uma luta pela sobrevivência dos povos e pela preservação do planeta.

Segundo dados do ano de 2024, apresentados pelo Conselho Indigenista Missionário (CIMI), são diversos os casos de violência cometidos na seara fundiária indígena⁴³⁴.

433 MATA, Antônio Lucas dos Santos da; CRISTINO FROTA MONT'ALVERNE, Tarin. Transição justa e desenvolvimento sustentável na União Europeia: o plano de investimento do Pacto Ecológico e o ODS 7. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 15, n. 3, e264, 2024.

434 CONSELHO INDIGENISTA MISSIONÁRIO (CIMI). **Violência contra os povos indígenas no Brasil**: dados de 2024. Brasília, DF: CIMI, 2025.

Tabela 1 – Dados de violência contra o patrimônio indígena no ano de 2024

UF	OMISSÃO E MOROSIDADE NA REGULARIZAÇÃO DE TERRAS	INVASÕES POSSESSÓRIAS, EXPLORAÇÃO ILEGAL DE RECURSOS NATURAIS E DANOS DIVERSOS AO PATRIMÔNIO	CONFLITOS RELATIVOS A DIREITOS TERRITORIAIS	TOTAL
AC	14	4	-	18
AL	11	3	1	15
AM	222	19	16	257
AP	-	-	1	1
BA	32	6	10	48
CE	29	-	2	31
DF	1	1	2	4
ES	2	-	-	2
GO	1	-	-	1
MA	13	35	6	54
MG	20	7	7	34
MS	148	14	17	179
MT	53	32	18	103
PA	48	30	19	97
PB	3	-	2	5
PE	18	1	1	20
PI	8	7	3	18
PR	34	4	7	45
RJ	8	2	-	10
RN	8	1	-	9
RO	28	19	6	53
RR	4	5	-	9
RS	84	10	31	125
SC	21	10	4	35
SE	3	-	-	3
SP	33	11	-	44
TO	11	9	1	21
Total	857	230		1.241

Fonte: CIMI⁴³⁵.

435 CONSELHO INDIGENISTA MISSIONÁRIO (CIMI). *Violência contra os povos indígenas no Brasil*: dados de 2024. Brasília, DF: CIMI, 2025. p. 258.

Em termos de sobrevivência dos povos, não é possível perpetuar os conflitos fundiários que acabam, efetivamente, com as vidas indígenas. A demarcação das terras indígenas figura em posição de protagonismo, no entanto, somente o ato demarcatório não é suficiente. É imprescindível que o Estado brasileiro promova medidas de segurança, não somente através de políticas públicas, mas também por meio de textos legislativos que corroborem o posicionamento internacionalmente firmado.

O reconhecimento das terras indígenas como territórios de vida e não de lucro é importante para redefinir a própria noção de sustentabilidade. De tal sorte, garantir a autonomia indígena é garantir o equilíbrio ecológico global.

Também é necessário lembrar das formas comunitárias de manejo ambiental, tradicionalmente presente nas culturas originárias, que desenvolvem práticas de agricultura sustentável, agrofloresta, coleta seletiva e manejo de sementes nativas com base em conhecimentos ancestrais. É possível notar que todos os aspectos relacionados à terra são completamente incompatíveis com práticas ilegais de exploração do potencial madeireiro e minerário, por exemplo. A resistência autóctone em seus territórios reafirma, cotidianamente, uma forma de transição ecológica, garantindo um futuro possível.

É fundamental reconhecer que o protagonismo indígena na transição ecológica justa não constitui somente um gesto simbólico, mas sim um imperativo de sobrevivência coletivo. Os saberes indígenas não pertencem ao passado, mas ao futuro⁴³⁶.

Assim, a cosmopercepção dos povos originários contribui para compreender a transição ecológica justa como sendo aquela responsável por um bem-estar coletivo, transpondo a lógica colonialista há séculos imposta, bem como o extrativismo desenfreado que culminou na crise climática hodierna.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transição ecológica justa se apresenta, portanto, como uma oportunidade de repensar a condição humana, através de cosmopercepções que

436 Explica Ailton Krenak: "A verdade é que uma criança com sete, oito anos de idade já começa a ser treinada para ignorar o meio ambiente. É isolada em uma sala de aula para ser alfabetizada e vai sendo incutida nela, desde cedo, a ideia de uma vida sanitária. (O que é muito contraditório, porque muitas crianças de comunidades urbanas não têm sequer acesso a saneamento básico, mas vão logo sendo ensinadas a ter nojo da terra.) O que eu chamo de educação sanitária é muito anterior às normas impostas pela pandemia de covid-19. É a formação, ao longo de décadas, de uma mentalidade em que uma criança não deve mexer na terra para não sujar as mãos. Que se você arranca uma batata do chão, não deve levar para dentro de casa, pois está suja. (O ideal é pegar uma batata lavada e empacotada no supermercado.) Quando foi que terra virou sujeira? Faz tempo que eu assisto a esse bombardeio sanitário na cabeça das crianças e não vejo nenhum educador questionar isso. Pois para mim isso está diretamente ligado com essa forma de ver o mundo como um almoxarifado e está no cerne da crise ambiental que estamos enfrentando hoje" (KRENAK, Ailton. **Futuro Ancestral**. São Paulo: Companhia das Letras, 2022. p. 55).



constituam, efetivamente, mudanças de comportamento além da substituição de matrizes energéticas ou reconfiguração produtiva, ainda que estas sejam extremamente importantes para o equilíbrio ambiental.

Trata-se de uma possibilidade de pensar a natureza como sujeito de direitos, inspirada em um saber tradicional indígena, que configura não mero folclore, mas assume a posição de ciência e conhecimento relevante para a mudança. As cosmopercepções, práticas e formas de viver originárias oferecem os fundamentos de uma ecologia justa, tendo em vista que partem da compreensão de que a vida é uma rede de relações interdependentes e não uma hierarquia de dominações.

A vinculação a uma cosmopercepção indígena se revela não somente como um imperativo ético, mas também como um estatuto ontológico para o futuro sustentável. O ato demarcatório, embora seja uma condição necessária, não é uma condição suficiente.

As terras indígenas, que abrigam a maior parte da biodiversidade preservada do Brasil, são expressões concretas de tal perspectiva. Propõe-se, dessa forma, a cosmopercepção originária como uma inversão epistemológica, por meio da qual o ser humano figura enquanto parte de uma totalidade viva maior, a natureza.

No entanto, não é possível efetivar tal imperativo de sobrevivência planetária sem que haja um avanço concreto na autonomia e na autodeterminação dos povos, especialmente em relação às questões fundiárias. Urge a necessidade de um processo demarcatório célere e eficaz, com o combate de invasores e exploradores de riquezas naturais dentro dos territórios.

O caminho para a transição justa ecológica passa pela restituição do vínculo originário estabelecido entre humanidade e natureza, rompido pela colonização e pela lógica da exploração.

REFERÊNCIAS

ATILES-OSORIA, José M. Colonialismo ambiental, criminalización y resistencias: las movilizaciones puertorriqueñas por la justicia ambiental en el siglo XXI. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, [s. l.], n. 100, p. 131-152, 2013. Disponível em: <https://journals.openedition.org/rccs/5262>. Acesso em: 9 set. 2025.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 1 nov. 2025.

BRASIL. Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI). **Painel Terras Indígenas no Brasil**. Brasília, DF: FUNAI, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas/painel-terras-indigenas>. Acesso em: 30 set. 2025.

BRASIL. **Lei n. 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Brasília, DF: Presidência da República, 2002. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406 compilada.htm. Acesso em: 15 jan. 2026.

BRASIL. **Lei n. 14.701, de 20 de outubro de 2023**. Regulamenta o art. 231 da Constituição Federal, para dispor sobre o reconhecimento, a demarcação, o uso e a gestão de terras indígenas; e altera as Leis n. 11.460, de 21 de março de 2007, 4.132, de 10 de setembro de 1962, e 6.001, de 19 de dezembro de 1973. Brasília, DF: Presidência da República, 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2023-2026/2023/lei/l14701.htm. Acesso em: 29 ago. 2025.

BRASIL. Ministério dos Povos Indígenas. **Territórios Indígenas são os mais preservados do país**. Brasília, DF: MPI, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/povosindigenas/pt-br/assuntos/noticias/2023/09/territorios-indigenas-sao-os-mais-preservados-do-pais>. Acesso em: 30 set. 2025.

CONSELHO INDIGENISTA MISSIONÁRIO (CIMI). **Violência contra os povos indígenas no Brasil**: dados de 2024. Brasília, DF: CIMI, 2025. Disponível em: <https://cimi.org.br/wp-content/uploads/2025/07/relatorio-violencia-povos-indigenas-2024-cimi.pdf>. Acesso em: 9 set. 2025.

CONSTANTINO, Luciana. Desmatamento em Terras Indígenas provocou a emissão de 96 milhões de toneladas de CO₂. **Agência FAPESP**, São Paulo, abr. 2023. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/desmatamento-em-terras-indigenas-provocou-a-emissao-de-96-milhoes-de-toneladas-de-co2/41210>. Acesso em: 9 set. 2025.



EQUADOR. [Constituição (2008)]. **Constitución de La República del Ecuador**. Quito: Presidência da República, 2008. Disponível em: <https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador-act-ene-2021.pdf>. Acesso em: 8 out. 2025.

GONZAGA, Álvaro de Azevedo. **Decolonialismo Indígena**. São Paulo: Matrioska, 2021.

GUAJARÁ-MIRIM. **Lei n. 2.579/2023**. Dispõe sobre o reconhecimento dos direitos do Rio Laje – Komi Memen – no município de Guajará-Mirim e seu enquadramento como ente especialmente protegido providências. Guajará-Mirim: Prefeitura Municipal, 2023. Disponível em: https://sapl.guajaramirim.ro.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2023/2743/lei_2579.pdf. Acesso em: 19 mar. 2026.

INSTITUO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Os indígenas no Censo 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/criancas/brasil/nosso-povo/22324-os-indigenas-no-censo-2022.html>. Acesso em: 30 set. 2025.

KRENAK, Ailton. **Futuro Ancestral**. São Paulo: Companhia das Letras, 2022.

KRENAK, Ailton. **Ideias para adiar o fim do mundo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2019.

MAPBIOMAS. **Perda de vegetação nativa no Brasil acelerou na última década**. Brasília, DF: MapBiomias, 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2023/08/31/perda-de-vegetacao-nativa-no-brasil-acelerou-na-ultima-decada/>. Acesso em: 30 set. 2025.

MATA, Antônio Lucas dos Santos da; CRISTINO FROTA MONT'ALVERNE, Tarin. Transição justa e desenvolvimento sustentável na União Europeia: o plano de investimento do Pacto Ecológico e o ODS 7. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 15, n. 3, e264, 2024. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/direitoeconomico/article/view/30052>. Acesso em: 8 out. 2025.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Convenção n. 169 da OIT sobre Povos Indígenas e Tribais**. Genebra: OIT, 1989. Disponível em: <https://www.oas.org/dil/port/1989%20Convenção%20sobre%20Povos%20Indígenas%20e%20Tribais%20Convenção%20OIT%20n%20º%20169.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2026.

PEREZ, Giovanna Bolletta. **Multiculturalismo como Elemento Fundamental à Garantia dos Direitos Indígenas**: uma análise à luz de laudos e relatórios antropológicos. Leme: Mizuno, 2025.

SILVA-JUNIOR, Celso H. L. *et al.* Brazilian Amazon indigenous territories under deforestation pressure. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 1-9, abr. 2023. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-32746-7#Sec2>. Acesso em: 11 set. 2025.





OS IMPACTOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) NO MERCADO DE TRABALHO SOB A PERSPECTIVA DO DIREITO ECONÔMICO

Ariany Soares Cançado⁴³⁷

Resumo: Este capítulo analisa os impactos da inteligência artificial (IA) no mercado de trabalho sob a perspectiva do direito econômico, investigando as transformações decorrentes do uso acelerado das novas tecnologias. A pesquisa adota uma abordagem ampla, combinando a análise macroeconômica e microeconômica dos impactos da automação, estudo comparativo das experiências regulatórias da União Europeia e exame do cenário brasileiro. Além de passar também pelo contexto da formação de “outsiders” tecnológicos, análoga à divisão entre “insiders” e “outsiders” no mercado de trabalho impactado pela IA, caracterizada pela obsolescência de habilidades e dificuldade de reinserção produtiva. O tema traz a seguinte questão: como as transformações e tecnologias impactam a vida e a profissão de cada um de nós, individualmente, e como deveríamos nos preparar e preparar nossos filhos e netos para esse contexto? A pesquisa foi desenvolvida sob o método de abordagem qualitativa, fundamentou-se em regulamentos internacionais, legislações específicas e constitucionais, periódicos e doutrinas sobre o assunto. A pesquisa justifica-se pela existência de uma lacuna normativa significativa resultante do uso de IA para controlar a gestão de empregado, ao mesmo passo que foi criado um fundo para operacionalizar a transição social e incentivar a requalificação e reinserção da mão de obra no mercado de trabalho. Assim, o trabalho não apenas destaca a necessidade de regulamentação, mas também sugere caminhos para a transição tecnológica, mediante a adaptação laboral e o fortalecimento do diálogo social estruturado, visando transformar a disrupção tecnológica em oportunidade de construção de sociedade mais justa e inclusiva.

437 Advogada, mestranda em Direito Constitucional pela Instituição de Desenvolvimento Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa (IDP). Graduada pela Faculdade de Direito Milton Campos. Integrante das Oficinas de Estudos Avançados – OEADT e da IPCPT.

INTRODUÇÃO

A revolução industrial teve como grande impulso duas tecnologias de impacto extremamente fortes e abrangentes: o motor a vapor e a energia elétrica, respectivamente na Primeira e Segunda Revoluções Industriais. Conforme mencionado por Erik Brynjolfsson e Andrew McAfee⁴³⁸, não há dúvidas que essas duas tecnologias atendem aos requisitos para se enquadrarem como tecnologias de alcance geral – da expressão em inglês, *general purpose technologies* (GPT).

Essa expressão é definida de maneira clara pelo Economista Gavin Wirth⁴³⁹, o qual aponta que essas tecnológicas (GPT) são ideias ou novas técnicas com grande potencial de interromper ou acelerar a ordem natural do processo econômico. Diante desse conceito, é inegável que a inteligência artificial esteja enquadrada nesse seletivo grupo de GPTs. Nesse sentido, faz-se necessário resgatar os aprendizados herdados pela história para buscar minimizar os impactos negativos promovidos por mudanças tecnológicas radicais.

No âmbito das relações de trabalho, as revoluções anteriores ofereceram valiosas lições; dentre elas, a de que o trabalho vai muito além da simples provisão de renda para a subsistência, sendo também fonte de orgulho pessoal, identidade e significado na vida real, aspectos finitamente relacionados ao conceito de dignidade. Historicamente, a dinâmica do mercado e das políticas sociais no Brasil gerou uma divisão entre “*insiders*” (trabalhadores formais com proteções) e “*outsiders*” (aqueles sem acesso a direitos e benefícios sociais), conforme amplamente analisado por Marta Arretche⁴⁴⁰.

Com o avanço acelerado da inteligência artificial, a preocupação recai sobre a potencial formação de uma nova categoria de “*outsiders*”, caracterizada pela obsolescência de habilidades e pela dificuldade de reinserção em um mercado em rápida transformação. É a partir dessa perspectiva que este estudo se propõe a analisar os impactos da Revolução 4.0 no mercado de trabalho, especialmente no risco do desemprego em massa, impactando de forma simultânea diversos setores da economia e ocupações tanto manuais como cognitivas.

Essa preocupação deve ser pauta de debate e pesquisa, principalmente entre economistas, futuristas, governos, profissionais do Direito e de tecnologia, uma vez que atinge todas – ou quase todas – as profissões atuais. A indagação que subsiste atualmente no interior de qualquer ser é o de: “Como

438 BRYNJOLFSSON, Erik; MCAFEE, Andrew. **The Second Machine Age: Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies**. New York: W. W. Norton e Company, 2016.

439 STACKPOLE, Beth. **The impact of generative AI as a general-purpose technology**. MIT Management Sloan School, ago. 2024.

440 ARRETICHE, Marta. Democracia e redução da desigualdade econômica no Brasil: a inclusão dos outsiders. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, v. 33, n. 96, p. 1-23, mar. 2017.



as transformações e tecnologias impactam a vida e a profissão de cada um de nós, individualmente, e como deveríamos nos preparar – e preparar nossos filhos e netos – para esse contexto?”⁴⁴¹.

Essas indagações ainda estão sem respostas concretas. Entretanto, cabe à academia buscar respondê-las e, de certo modo, no contexto brasileiro, preocupar-se com a proteção garantida pela Constituição Federal, em seu artigo 7º, XXVII⁴⁴², o qual dispõe sobre a necessidade de proteção do trabalhador contra os efeitos da automação, na forma da lei. Considerando a eficácia limitada dessa norma constitucional, faz-se necessário realizar interface com o direito econômico, buscando compatibilizar o desenvolvimento econômico e tecnológico com a justiça social, e a necessidade – ou não – de regulamentação a respeito da proteção do trabalho humano frente à automação.

Para o desenvolvimento deste estudo, utilizou-se o método de abordagem qualitativa, fundamentou-se revisão bibliográfica sobre a temática, lei constitucional e lei da União Europeia. Além disso, foram adicionadas informações de periódicos, cartilhas e casos que tratam sobre inteligência artificial, automação e política social.

1 PERSPECTIVA MACROECONÔMICA

Os autores Acemoglu e Restrepo⁴⁴³ destacam dois mecanismos centrais que definem os impactos econômicos e sociais da inteligência artificial (IA). Essa análise crítica da dinâmica da automação tecnológica e do emprego é fundamental para entendermos os fenômenos que ocorrem com o avanço da IA, sendo eles: o efeito deslocamento e o efeito produtividade.

O efeito deslocamento ocorre quando máquinas e sistemas inteligentes assumem funções até então executadas por trabalhadores humanos, especialmente aquelas rotineiras ou padronizadas. Tal fenômeno gera impactos imediatos, frequentemente negativos, sobre o nível de emprego em determinados setores econômicos, contribuindo para o desemprego estrutural e realocações forçadas de trabalhadores para atividades menos produtivas e menos remuneradas⁴⁴⁴.

441 MUSSA, Adriano. **Inteligência Artificial – Mitos e verdades**: as reais oportunidades de criação de valor nos negócios e os impactos no futuro do trabalho. São Paulo: Saint Paul, 2020.

442 BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

443 ACEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual. Artificial intelligence, automation and work. **NBER Working Paper Series**, Cambridge, n. 24196, p. 1-43, 2018.

444 ACEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual. Artificial intelligence, automation and work. **NBER Working Paper Series**, Cambridge, n. 24196, p. 1-43, 2018.

Esse feito é agravado pelo fato de que muitos trabalhadores possuem baixa qualificação e enfrentam dificuldades significativas em se realocarem no mercado de trabalho, o que gera um estado de alerta de como aquele trabalhador terá sua subsistência e a de sua família garantida, especialmente em países periféricos como o Brasil, cujo acesso à educação ainda é precário. Outro fator que deve ser levado em consideração é a faixa etária dos trabalhadores que serão atingidos pelo efeito deslocamento⁴⁴⁵, uma vez que, ao atingir adultos e idosos, a requalificação e a realocação no mercado de trabalho cada vez mais tecnológico serão novas barreiras para esse grupo ao terem de se familiarizar com as novas inovações. A baixa qualificação humana é, inclusive, um dos principais desafios para adoção de IA no Brasil.

Conforme resgatado por Arruda, Tadeu e Costa, a Fundação Dom Cabral aponta que a taxa de qualificação da mão de obra não acompanha o ritmo da digitalização das empresas⁴⁴⁶. Isso cria um descompasso crítico entre as necessidades do mercado e as habilidades disponíveis⁴⁴⁷, contribuindo para a formação de uma nova classe de “outsiders” tecnológicos, análoga àquela historicamente marginalizada pela ausência de acesso ao mercado formal e à proteção social⁴⁴⁸. Esses novos “outsiders” enfrentam a superposição de desvantagens não apenas pela perda de emprego, mas pela dificuldade de acesso a programas de requalificação eficazes e pela discriminação etária, o que agrava a vulnerabilidade social e econômica.

No lado diametralmente oposto, o efeito produtividade emerge quando a automação, ao gerar economias de custos e elevar a eficiência produtiva, amplia a demanda por trabalho em tarefas não automatizadas e em novos setores. A acumulação adicional de capital e o aprofundamento tecnológico – com o aprimoramento de máquinas e processos – contribuem para intensificar esse efeito, impulsionando ainda mais a geração de empregos em atividades complementares à automação⁴⁴⁹.

Portanto, diante dos mecanismos classificados pelos autores, e contrapondo ao cenário pessimista, é possível identificar a criação de novas oportunidades de trabalho, além dos outros impactos positivos que a tecnologia promove na área da saúde, educação, entre outros que não podem ser desconsiderados.

445 ACEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual. Artificial intelligence, automation and work. **NBER Working Paper Series**, Cambridge, n. 24196, p. 1-43, 2018.

446 ARRUDA, Carlos; TADEU, Hugo; COSTA, Miguel. **O Futuro do Trabalho**: novas tecnologias e pauta ambiental podem agregar 69 milhões de novas ocupações e eliminar 83 milhões. Nova Lima: FDC; WEF, 2003.

447 MEIRA, Silvio; BRAGA, Carlos Primo. **Inteligência artificial e suas implicações econômicas**. [S. l.]: FDC, 2024.

448 ACEMOGLU; RESTREPO, *op. cit.*

449 ACEMOGLU; RESTREPO, *op. cit.*



Contudo, o efeito produtividade não deve ser utilizado para atenuar os impactos negativos da automação no mercado de trabalho e as factíveis crises sociais emergentes. Isso pois, o efeito produtividade, embora relevante, nem sempre é suficiente para compensar integralmente as perdas de emprego e renda decorrentes do avanço tecnológico⁴⁵⁰.

Uma análise do *World Economic Forum* sugere que cerca de 83 milhões de postos de trabalho serão eliminados globalmente no período 2023-2027 devido à Quarta Revolução Industrial (com foco na IA e uso de *Big Data*), enquanto 69 milhões de novos empregos serão criados, resultando em um impacto negativo líquido de 14 milhões de empregos⁴⁵¹.

No cenário brasileiro, uma análise da Fundação Dom Cabral, em colaboração com o *World Economic Forum*, sugere um impacto negativo líquido de 2,6 milhões de empregos no período 2023-2027, com uma contribuição significativa da digitalização e da automação⁴⁵².

Outrossim, o Banco Mundial, em seu *World Development Report*, estima que “dois terços de todos os empregos podem estar suscetíveis à automação em países em desenvolvimento nas próximas décadas, do ponto de vista puramente tecnológico”⁴⁵³ e ainda estima que, para os Estados Unidos e a Europa, entre 50 e 60% dos empregos também podem ser automatizados no mesmo período.

Os impactos da automação no mercado de trabalho ganhou respaldo empírico no estudo de Acemoglu e Restrepo⁴⁵⁴, os quais analisaram os impactos da adoção de robôs industriais nos Estados Unidos entre 1990 e 2007. A esse respeito, Oliveira completa:

Nas áreas mais expostas à automação, tanto o emprego quanto os salários declinaram significativamente. Uma zona de deslocamento com exposição média aos robôs apresentou redução de 0,37 pontos percentuais na proporção emprego/população e queda salarial média de 0,73% em relação a áreas sem exposição. Isso significou que cada robô adicional nessas zonas representou a perda de aproximadamente 6,2 empregos⁴⁵⁵.

450 ACEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual. Artificial intelligence, automation and work. **NBER Working Paper Series**, Cambridge, n. 24196, p. 1-43, 2018.

451 MEIRA, Sílvia; BRAGA, Carlos Primo. **Inteligência artificial e suas implicações econômicas**. [S. l.]: FDC, 2024.

452 MEIRA, Sílvia; BRAGA, Carlos Primo. **Inteligência artificial e suas implicações econômicas**. [S. l.]: FDC, 2024.

453 ALEGRETTI, Laís. Trabalhador ou máquina? As 10 ocupações com maior (e menor) chance de sumir no Brasil. **BBC News Brasil**, jun. 2022.

454 ACEMOGLU; RESTREPO, *op. cit.*

455 OLIVEIRA, Wenderson Ferreira Balduino de. **Transformações no mercado de trabalho e salários com a ascensão da inteligência artificial: impactos sobre o trabalhador moderno**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2025.

Essas projeções reforçam a preocupação com o desemprego tecnológico, um fenômeno que, embora tenha sido previsto há décadas, ganha contornos cada vez mais concretos com o avanço da IA, principalmente no panorama brasileiro, em que as estruturas de mercado e as condições institucionais intensificam os efeitos negativos desse processo.

Fato é que, mesmo diante dos impactos positivos (criação de novos empregos) e negativos (saldo negativos em relação aos empregos) no mercado de trabalho, a inteligência artificial requer o que o Fórum Econômico Mundial tem chamado de “*upskilling*” ou “*reskilling*”, ou seja, qualificações especiais, adicionais, mais complexas e multidimensionais⁴⁵⁶.

Ou seja, qualquer profissional deverá acrescentar habilidades às suas já existentes. E esse contexto certamente dificultará a migração de profissionais. Esse raciocínio se aplica tanto aos trabalhadores atingidos pelo efeito do deslocamento, quanto para os profissionais que terão suas ocupações mantidas, porém fortemente transformadas pela IA. Portanto, é inegável a transformação substancial que a automação promoverá no âmbito social.

2 PERSPECTIVA MICROECONÔMICA

O uso da IA e a automação não difere as ocupações manuais ou cognitivas. Tendo isso em vista, o impacto da inteligência artificial nas ocupações depende essencialmente do conteúdo particular das tarefas desempenhadas e não no nível de qualificação requerido em cada uma delas.

Há um atributo do ser humano que as máquinas – ainda – não possuem. E essas atribuições é denominado como um “gargalo da automação” e incluem a inteligência social, que seria a habilidade de negociar e lidar com as relações sociais complexas, incluindo a empatia, o cuidado com o outro ou reconhecimento de sensibilidades culturais. Também está nesse grupo a inteligência cognitiva, que seria a criatividade e o raciocínio complexo. Além das já citadas, também está a habilidade de desempenhar tarefas físicas mais complexas em um ambiente de trabalho que não é estruturado⁴⁵⁷.

No mesmo sentido, a PWC² afirma que as ocupações mais focadas em competências sociais, empatia e criatividade são as mais difíceis de serem

456 MUSSA, Adriano. **Inteligência Artificial – Mitos e verdades**: as reais oportunidades de criação de valor nos negócios e os impactos no futuro do trabalho. São Paulo: Saint Paul, 2020.

457 MUSSA, Adriano. **Inteligência Artificial – Mitos e verdades**: as reais oportunidades de criação de valor nos negócios e os impactos no futuro do trabalho. São Paulo: Saint Paul, 2020.

diretamente substituídas por máquinas, mesmo considerando os potenciais avanços tecnológicos dos próximos 10 ou 20 anos⁴⁵⁸.

O professor Kai-Fu Lee, de forma exitosa, conseguiu demonstrar em uma visão microeconômica o processo de automação e seu impacto no mercado de trabalho. Para isso, ele propôs a utilização de um gráfico em duas dimensões⁴⁵⁹. O gráfico é composto por um eixo vertical o qual diz respeito à necessidade de interação social exigida pela ocupação; enquanto o eixo horizontal mensura o nível de repetição e de criatividade requerida. Com a utilização dos dois eixos, obtemos a uma estrutura de quadrantes.

O quadrante 1 é denominado de “zona segura” e é preenchido por ocupações que requerem alto nível de interação social e alto nível de criatividade (ou baixo nível de repetições). Por representar os dois pontos fracos da inteligência artificial (interação social e criatividade), essas ocupações correm pouco risco frente ao processo tecnológico da IA, pelo menos em um primeiro momento. Estão nesse primeiro pertencem a esse quadrante, por exemplo, profissionais cuja ocupação é de CEO, profissionais de Merger & Acquisitions (M&A) e gerentes de relações institucionais⁴⁶⁰.

No outro extremo, tem-se o quadrante 3, o qual é o oposto do quadrante 1, sendo nomeado como “zona de risco”. Ele é preenchido por profissões que requerem baixo nível de criatividade (alto nível de repetições) e baixa necessidade de interações sociais. Essas características são facilmente substituídas pela inteligência artificial. Por isso, as ocupações que estão nesse quadrante sofrem alto risco de substituição nos próximos anos. Profissionais como radiologistas, tradutores básicos, certos tipos atendentes de telemarketing e muitos profissionais que ficam no *back-office* são ótimos exemplos⁴⁶¹.

O quadrante 2, denominado como “verniz humano” é menos claro e menos previsível que os quadrantes 1 e 3. Nele, estão relacionadas as ocupações que requerem baixo nível de criatividade (alto nível de repetições) e altos níveis de interação social. Para muitas ocupações que preenchem esse quadrante, inúmeras tarefas que a compõem podem ser feitas pelos algoritmos, porém as ocupações requerem também muitos elementos de interação social, tornando mais difícil a automação e substituição do trabalho em massa e de forma completa. Muitas ocupações aqui são compostas de uma infinidade de tarefas que estão fora das tarefas *core*⁴⁶².

458 ANVERSA, Luiz. Inteligência artificial: veja as profissões mais impactadas segundo estudo da Microsoft.

Exame, ago. 2025.

459 MUSSA, Adriano. **Inteligência Artificial – Mitos e verdades**: as reais oportunidades de criação de valor nos negócios e os impactos no futuro do trabalho. São Paulo: Saint Paul, 2020.

460 MUSSA, Adriano. **Inteligência Artificial – Mitos e verdades**: as reais oportunidades de criação de valor nos negócios e os impactos no futuro do trabalho. São Paulo: Saint Paul, 2020.

461 MUSSA, Adriano. **Inteligência Artificial – Mitos e verdades**: as reais oportunidades de criação de valor nos negócios e os impactos no futuro do trabalho. São Paulo: Saint Paul, 2020.

462 MUSSA, Adriano. **Inteligência Artificial – Mitos e verdades**: as reais oportunidades de criação de valor nos negócios e os impactos no futuro do trabalho. São Paulo: Saint Paul, 2020.

O nome “verniz humano” vem justamente dessa simbiose: boa parte do trabalho é feito nos bastidores pelas máquinas, com os seres humanos agindo como interfaces sociais com os clientes ou demais agentes humanos. A velocidade da substituição desses trabalhos vai depender sobremaneira do interesse, flexibilidade e velocidade das empresas em reorganizar as tarefas executadas por seus diferentes colaboradores ou pelo nível de abertura dos consumidores para interagirem com máquinas. Professores, médicos, arquitetos, consultores financeiros e analistas de crédito são ótimos exemplos de ocupação pertencentes a esse quadrante⁴⁶³.

O quadrante 4, por fim, segue a mesma ideia do quadrante 2, o qual é denominado de “mudança lenta”. Nele, temos ocupações com alta necessidade de criatividade (baixo nível de repetições) e baixa necessidade de interações sociais. Ocupações desse quadrante não têm relação com as competências humanas sociais, mas sim com a criatividade ou habilidade de se adaptar a ambientes não estruturados. Isso ainda é um desafio substancial para a inteligência artificial e para as demais tecnologias emergentes.

A substituição de trabalhos nesse quadrante depende menos dos processos de inovação e reestruturação das empresas (adoção de tecnologias e reorganização do trabalho) e muito mais da real expansão das capacidades da inteligência artificial. Cientistas, pesquisadores, artistas e *designers* são excelentes exemplos de ocupações desse quadrante⁴⁶⁴.

Nota-se algo em comum em todos os quadrantes analisados, que se relaciona com o mecanismo do efeito produtivo definido por Acemoglu e Restrepo⁴⁶⁵ – a simbiose do ser humano com a inteligência artificial. Em todos os casos, essa simbiose é representada pela otimização dos processos rotineiros realizadas pela máquina somadas ao toque humano que dificilmente será automatizado. Essa conexão representa um aspecto positivo das inovações trazidas pelas novas tecnologias, apesar de envolver mais a necessidade de redefinição das ocupações já existentes, já que permite que as pessoas explorem em alto nível suas capacidades, se unindo às máquinas para entregarem serviços cada vez mais assertivos e eficientes.

O quadrante “verniz humano” provavelmente é a que mais pode se beneficiar dessa simbiose, já que pode unir a automação nas atividades que exige baixo nível de criatividade e, ao mesmo tempo, alto nível de repetição e análise, bem como o ser humano nas atribuições que exigem interação social, carinho, empatia e compaixão.

463 MUSSA, Adriano. **Inteligência Artificial – Mitos e verdades**: as reais oportunidades de criação de valor nos negócios e os impactos no futuro do trabalho. São Paulo: Saint Paul, 2020.

464 MUSSA, Adriano. **Inteligência Artificial – Mitos e verdades**: as reais oportunidades de criação de valor nos negócios e os impactos no futuro do trabalho. São Paulo: Saint Paul, 2020.

465 ACEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual. Artificial intelligence, automation and work. **NBER Working Paper Series**, Cambridge, n. 24196, p. 1-43, 2018.



O professor Kai-Fu Lee destaca que a medicina pode ser um bom exemplo disso⁴⁶⁶. A inteligência artificial, em pouco tempo, provavelmente será melhor do que os seres humanos para diagnosticar doenças e até para sugerir os melhores tratamentos. Entretanto, dificilmente algum ser humano gostaria de ser tratado exclusivamente por uma máquina.

A velocidade da transformação é tão intensa que os mais recentes estudos se tornam obsoletos devido ao avanço da tecnologia. Em contrapartida ao que bem foi observado pelo professor Kai-Fu Lee, a China, cumprindo sua promessa realizada em 2017 no documento chamado *Development Plan for a New Generation of Artificial Intelligence*, no qual partilha recomendações de ações para que se torne uma superpotência em inteligência artificial e líder mundial dessa tecnologia, inaugurou recentemente o primeiro hospital do mundo operado apenas por médicos robôs⁴⁶⁷.

O “Hospital Agente” foi desenvolvido por pesquisadores da Universidade Tsinghua, em Pequim. O projeto conta com 14 médicos de inteligência artificial e 4 enfermeiros virtuais, capazes de atender até 3.000 pacientes por dia. Os testes realizados até agora mostraram uma taxa de acerto de 93,06% nos diagnósticos, superando muitos padrões de desempenho humano⁴⁶⁸.

Apesar desse grande avanço, estudos recentes demonstram que a relação médico-paciente é um dos pilares terapêuticos mais importantes, especialmente em quadros crônicos, psiquiátricos ou de difícil diagnóstico. A substituição total desse serviço é capaz de empobrecer a experiência humana do cuidado. Apesar desse salto de tecnologia, a relação médico-paciente tende a se reconfigurar nos moldes sugeridos pelo professor Kai-Fu Lee, permitindo uma medicina possivelmente mais humana, o que será excepcional para a sociedade.

Outro exemplo de ocupação que representa perfeitamente o lado positivo da simbiose é a de professor. Hoje, professores passam a maior parte do tempo com atividades essencialmente repetitivas e de baixa interação social: preenchimento de incontáveis formulários, preleções altamente repetitivas e correções massificadas de atividades avaliativas são bons exemplos disso. Nesse contexto, a inteligência artificial pode ser de grande auxílio, realizando boa parte das atividades repetitivas e permitindo que os humanos destinem seu tempo às atividades focadas no desenvolvimento pessoal dos alunos, contribuindo com um processo de aprendizagem empático e personalizado.

466 MUSSA, Adriano. **Inteligência Artificial – Mitos e verdades**: as reais oportunidades de criação de valor nos negócios e os impactos no futuro do trabalho. São Paulo: Saint Paul, 2020.

467 MUSSA, Adriano. **Inteligência Artificial – Mitos e verdades**: as reais oportunidades de criação de valor nos negócios e os impactos no futuro do trabalho. São Paulo: Saint Paul, 2020.

468 CHINA inaugura o primeiro hospital totalmente operado por médicos robôs. **R7**, maio 2025.

Embora se idealize um cenário promissor de simbiose entre automação e trabalho humano, no qual as ocupações seriam apenas melhoradas, a otimização inerente ao tempo e eficiência das tarefas resultará, inevitavelmente, na redução da necessidade quantitativa de profissionais em cada área. Consequentemente, a autorregulação do mercado de trabalho implicará no desemprego de uma parcela significativa da força de trabalho, evidenciando as complexas ramificações desse processo de automação.

3 NECESSIDADE DE REGULAMENTAÇÃO

Considerando as transformações substanciais que os avanços tecnológicos, sobretudo a robótica e a inteligência artificial, têm causado e ainda causarão no mercado de trabalho, observa-se um impacto social significativo, com potenciais efeitos negativos sobre grupos de trabalhadores que serão excluídos do novo contexto produtivo. Esses grupos, ao serem marginalizados do mercado formal ou experimentarem suas qualificações se tornarem obsoletas, estão sob o risco de se tornarem uma nova categoria de “outsiders”, caracterizada pela ausência de proteção e pela dificuldade de reinserção produtiva, sem acesso à proteção trabalhista e aos benefícios sociais relacionados, espelhando uma nova roupagem de divisão histórica entre “insiders” e “outsiders” analisada por Marta Arretche⁴⁶⁹. Diante desse cenário, surge a necessidade de refletir, sob a ótica do direito econômico, sobre a conveniência e os limites da intervenção estatal para regular e mitigar os efeitos analisados, com o objetivo de conferir estabilidade e equilíbrio na ordem econômica como um todo.

Certo é que a parcela de trabalhadores que sofrerão os impactos do efeito de deslocamento não conseguirá, sozinha, se readaptar ao mercado de trabalho, em razão dos múltiplos fatores previamente expostos. Logo, a implementação de políticas públicas e iniciativas governamentais torna-se fundamental para a própria subsistência e direitos desses profissionais, visando evitar que se consolidem como “outsiders” permanentes de um novo arranjo produtivo.

Os autores Baldwin, Cave e Lodge⁴⁷⁰ afirmam que os sistemas políticos são racionalmente planejados e racionalmente aplicados, o que significa dizer que são instrumentos apropriados para a realização de desejos de membros da sociedade. Isso não quer dizer que o Estado servirá à ideia de interesse público de alguém: com efeito, o problema da regulação é o de descobrir quando e por

469 ARRETICHE, Marta. Democracia e redução da desigualdade econômica no Brasil: a inclusão dos outsiders. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, São Paulo, v. 33, n. 96, p. 1-23, mar. 2017.

470 BALDWIN, Robert; CAVE, Martin; LODGE, Martin. *Understanding Regulation: theory, strategy, and practice*. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2013.



que uma indústria (ou outro grupo de pessoas que pensam da mesma forma) é capaz de usar o Estado para seus propósitos, ou é escolhida pelo Estado para ser usada em proveito de outros.

Nas últimas décadas, a regulamentação foi um tópico que estimulou discussões em uma série de disciplinas – notadamente Direito, Economia, Ciência Política, Políticas Públicas, Sociologia, História, Psicologia, Geografia, Antropologia, Gestão e Administração Social⁴⁷¹, pois é um assunto complexo e demanda uma abordagem multidisciplinar, capaz de contemplar diferentes áreas do conhecimento e seus relevantes impactos jurídicos, econômicos e sociais.

A noção de regulamentação pode ser conceituada de várias maneiras, entre elas, como um conjunto de comandos – quando a regulamentação envolve a promulgação de um conjunto obrigatório de regras a serem aplicadas por um órgão dedicado a esse propósito. Um exemplo seria a legislação de saúde e segurança no trabalho, conforme aplicada pelo Executivo de Saúde e Segurança⁴⁷².

Também pode ser conceituada como uma influência deliberada do Estado, pautado no poder de influenciar o comportamento social ou comercial. Assim, os incentivos baseados em comando se enquadrariam nesse uso, mas também uma série de outros modos de influência – por exemplo, “aqueles baseados no uso de incentivos econômicos (por exemplo, impostos ou subsídios); poderes contratuais; distribuições de recursos; franquias; fornecimento de informações ou outras técnicas”. Pode ser interpretada também como todas as formas de influência social ou econômica – em que todos os mecanismos afetam o comportamento – sejam eles baseados no Estado ou em outras fontes (por exemplo, mercados)⁴⁷³.

A regulamentação frequentemente é considerada como uma atividade que restringe o comportamento e impede a ocorrência de certas atividades indesejáveis (um conceito de “luz vermelha”). No entanto, a visão mais ampla é que a influência da regulamentação também pode ser facilitadora (“sinal verde”), como, por exemplo, quando as ondas de rádio são regulamentadas de modo a permitir que as operações de transmissão sejam conduzidas de forma ordenada, em vez de serem deixadas ao caos potencial de um mercado descontrolado⁴⁷⁴.

471 BALDWIN, Robert; CAVE, Martin; LODGE, Martin. **Understanding Regulation: theory, strategy, and practice**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2013.

472 BALDWIN, Robert; CAVE, Martin; LODGE, Martin. **Understanding Regulation: theory, strategy, and practice**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2013.

473 BALDWIN, Robert; CAVE, Martin; LODGE, Martin. **Understanding Regulation: theory, strategy, and practice**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2013. p. 7 (tradução nossa).

474 BALDWIN, Robert; CAVE, Martin; LODGE, Martin. **Understanding Regulation: theory, strategy, and practice**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2013.

No século XIX, houve uma explosão de regulamentações, como o surgimento de instituições reguladoras especializadas e uma série de medidas que tratavam da saúde pública e das condições de emprego⁴⁷⁵.

Órgãos governamentais como a *Better Regulation Task Force* do Reino Unido (da época) têm destacado a necessidade de adotar um modelo regulatório mais minimalista ou autorregulador, no primeiro momento. Ideias semelhantes se difundiram internacionalmente, inclusive na União Europeia, quando introduz seu próprio programa abrangente de avaliação dos impactos regulatórios. Tal fenômeno também é observado em países emergentes como o Brasil.

Críticos sugerem que a regulamentação acarreta sobrecarga e burocratização excessiva da vida econômica e social. Há uma percepção de que a regulamentação cria barreiras à competitividade e ao crescimento econômico. Essas preocupações são alimentadas a partir dos dados colhidos pelos relatórios “*Doing Business*” do Banco Mundial. Assim como defende Patrícia Sampaio⁴⁷⁶, a regulamentação, de forma técnica, deve ocorrer fundada no interesse público. Mesmo quando a justificativa se dá devido a falhas do mercado, a regulamentação é pautada sob o argumento de que o mercado descontrolado não atingirá o comportamento ou resultado esperado conforme o interesse público.

Outrossim, em alguns setores ou circunstâncias, há necessidade de regular o mercado pela ausência de “mercado efetivo”. Tradicionalmente, a demanda pela intervenção do Estado se dá por falhas promovidas pelo próprio mercado; contudo, pode ocorrer de a demanda surgir fundamentada nos direitos humanos e na solidariedade social.

Um dos motivos apresentados por Baldwin, Cave e Lodge⁴⁷⁷ do porquê regular é o que eles conceituam como “poder de barganha desigual”, que consiste no pensamento de que se o poder de barganha é desigual, a regulamentação pode ser justificada para proteger determinados interesses. Uma condição prévia para a alocação eficiente ou justa de recursos em um mercado é a igualdade de poder de negociação.

Logo, se o desemprego for dominante, não se pode presumir que os trabalhadores serão capazes de negociar de forma eficaz para proteger seus interesses, e a regulamentação pode ser necessária para proteger as questões relacionadas à saúde e à segurança desses trabalhadores.

475 BALDWIN, Robert; CAVE, Martin; LODGE, Martin. **Understanding Regulation: theory, strategy, and practice**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2013.

476 SAMPAIO, Patrícia Regina Pinheiro. **Regulação e concorrência nos setores de infraestrutura: análise do caso brasileiro à luz da jurisprudência do CADE**. Tese (Doutorado em Direito) – Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

477 BALDWIN, Robert; CAVE, Martin; LODGE, Martin. **Understanding Regulation: theory, strategy, and practice**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2013.

Sob a ótica da motivação baseada no planejamento, entende-se que os mercados podem garantir razoavelmente bem que as preferências de consumo dos indivíduos sejam atendidas, mas são menos capazes de atender às demandas das gerações futuras ou de satisfazer preocupações altruístas (por exemplo, a qualidade de um ambiente que não é desfrutado pessoalmente)⁴⁷⁸.

Os autores Baldwin, Cave e Lodge⁴⁷⁹, portanto, apontam para a relevância de dois outros fundamentos para a regulação – proteger os direitos humanos e promover a solidariedade social. Consistentes com tais fundamentos estão os exemplos de regulamentação por motivos de justiça distributiva, proteção de direitos e cidadania.

De fato, os governos possuem o poder de regulamentar uma ampla variedade de assuntos para promover políticas e objetivos sociais, mesmo que, para isso, seja necessário anular os interesses privados e adotar posturas mais paternalistas.

A substancial transformação promovida pela tecnologia no mercado de trabalho tende a gerar consequências sociais diversas, que não apenas justificam a regulação por uma única razão, mas também evidenciam uma combinação de motivos que a tornam indispensáveis.

Constata-se que os avanços tecnológicos ocorrem de forma cada mais rápida e sofisticada na substituição da mão de obra humana. Os novos postos de trabalho criados pela inovação dificilmente compensarão, de forma quantitativa e qualitativa, aqueles que serão extintos, o que impõe ao Estado o ônus de lidar com eventuais consequências, como a redução de arrecadação pública e a potencial elevação do desemprego estrutural. Tal quadro pode desencadear sérios impactos socioeconômicos, à saúde pública e, inclusive, riscos à segurança pública, decorrentes do aumento da vulnerabilidade social.

Ademais, a ausência de regulamentação pode favorecer a formação de monopólios por parte de empresas com maior capacidade de investimento, que, ao implementar a inteligência artificial e reduzir os custos com mão de obra, tendem a obter lucros excessivos e ampliar sua vantagem competitiva em detrimento das pequenas empresas que não conseguirão acompanhar na mesma velocidade a inovação.

Nesse cenário de lucro excessivo, é importante impor limitações à intervenção estatal, de modo que as recompensas e os incentivos sejam proporcionais aos esforços e investimentos que produziram esse retorno, sem desincentivar a inovação.

478 BALDWIN, Robert; CAVE, Martin; LODGE, Martin. **Understanding Regulation: theory, strategy, and practice**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2013.

479 BALDWIN, Robert; CAVE, Martin; LODGE, Martin. **Understanding Regulation: theory, strategy, and practice**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2013.

Destaca-se, ainda, que regulação tardia sobre a matéria pode ocasionar consequências irreversíveis no curto e médio prazo. Portanto, é fundamental adotar uma análise multidisciplinar da temática, com o objetivo de harmonizar o fomento ao desenvolvimento econômico e à inovação tecnológica – essencial ao progresso social – com a proteção do mercado de trabalho frente à automação, de modo a evitar colapsos sociais.

Contudo, a regulamentação, para ser efetiva, deve ser pautada pelo critério e pelo planejamento estratégico. Uma intervenção precipitada e destituída de uma análise profunda pode não apenas frustrar suas finalidades, como também levar o país a perder competitividade internacional, tonando-se dependente de economias estrangeiras líderes em inovação, especialmente em um contexto globalizado.

4 REGULAMENTAÇÃO NA UNIÃO EUROPEIA

A União Europeia foi pioneira mundial na regulamentação da inteligência artificial, por meio do Regulamento (UE) n. 2024/1689, conhecido como *EU AI Act* (Ato da Inteligência Artificial). Essa norma estabelece regras e sanções para o desenvolvimento, implementação e operação da IA, além de prever mecanismos de supervisão por órgãos específicos para fiscalização de sua aplicação⁴⁸⁰.

A regulação é segmentada a partir do risco oferecido pela tecnologia (*risk based approach*) para pessoas e bens. Nessa linha, os sistemas são classificados em três níveis: a) sistemas sujeitos a riscos inaceitáveis, cuja implementação é proibida; b) sistemas de alto risco, cuja implementação é permitida, desde que atendam a normas obrigatórias; e c) sistemas de IA que não oferecem alto risco, para os quais se preveem incentivos à adoção voluntária de códigos de conduta, uma espécie de autorregulação⁴⁸¹.

No contexto do emprego e da proteção dos trabalhadores, o regulamento não afeta o direito da União e dos Estados-membros de regular suas políticas sociais nem a legislação laboral nacional. Assim, o *AI Act* atua de forma complementar à legislação de cada país sobre a proteção dos trabalhadores.

480 UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) 2024/1689 do parlamento europeu e do conselho, de 13 de junho de 2024**. Cria regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial e que altera os Regulamentos (CE) n. 300/2008, (UE) n. 167/2013, (UE) n. 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1139 e (UE) 2019/2144 e as Diretivas 2014/90/UE, (UE) 2016/797 e (UE) 2020/1828 (Regulamento da Inteligência Artificial). Bruxelas: UE, 2024.

481 BARROSO, Luiz Roberto; MELLO, Patrícia Perrone Campos. Inteligência artificial: promessas, riscos e regulação: algo de novo debaixo do sol. **Revista Direito e Praxis**, Rio de Janeiro, v. 15, b. 4, p. 1-45, 2024.



A análise do documento permite inferir que este possui um caráter predominantemente regulatório em relação à implementação dos sistemas que utilizam a tecnologia da inteligência artificial e como esta deve ser realizada visando à proteção dos direitos fundamentais do indivíduo, neutralizando os potenciais riscos da IA.

Diante disso, a preocupação do IA Act no que tange à matéria trabalhista se relaciona com a implementação de sistemas que utilizam a inteligência artificial na gestão de trabalhadores, classificando-as como tecnologias de risco elevado. Essa classificação implica na necessidade que esses sistemas possuem de cumprir regramentos rigorosos para que sua implementação seja efetivada no mercado.

O Considerando n. 57 da IA ACT, estabelece que a utilização de sistemas de IA na gestão de emprego pode gerar impactos significativos nas perspectivas de carreira, nas subsistências dessas pessoas e nos direitos trabalhistas, detalhando as áreas de alto risco da utilização de IA no:

- a) recrutamento e seleção;
- b) gestão de carreira: decisões sobre promoções, cassação de contratos, e condições de trabalho;
- c) alocação de tarefas, baseadas em comportamentos ou características pessoais;
- d) monitoramento e avaliação de conduta⁴⁸².

Ao realizar essas tarefas, o regulamento reconhece que o sistema pode perpetuar discriminações históricas e comprometer os direitos fundamentais.

Portanto, não se verifica no regulamento uma preocupação acerca da proteção da mão de obra frente ao processo de automação e do provável efeito de deslocamento⁴⁸³.

Entretanto, a ausência de regulamentação pelo IA ACT a respeito disso não significa que a União Europeia não esteja preocupada com os efeitos da globalização e dos avanços tecnológicos sob o mercado de trabalho. Contrariamente a isso, a UE tem como objetivo (art. 3º do Tratado da União Europeia – TUE⁴⁸⁴) visar imperativamente o pleno emprego e o progresso social. Ou seja, a promoção do emprego, a melhoria das condições de vida e de trabalho, a proteção social, o diálogo entre a direção e outros trabalhadores, e o desenvolvimento dos recursos humanos, com vista a assegurar um nível de emprego elevado e

482 UNIÃO EUROPEIA. Tratado da União Europeia. **Jornal Oficial da União Europeia**, jun. 2016. (tradução nossa).

483 ACEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual. Artificial intelligence, automation and work. **NBER Working Paper Series**, Cambridge, n. 24196, p. 1-43, 2018.

484 UNIÃO EUROPEIA. Tratado da União Europeia. **Jornal Oficial da União Europeia**, jun. 2016.

sustentado, bem como a luta contra a exclusão social são objetivos comuns da UE e dos Estados-membros nos domínios social e do emprego⁴⁸⁵.

Além disso, o Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia (TFUE) dispõe em diversos artigos sobre os direitos dos trabalhadores e o compromisso da UE com o emprego e o desenvolvimento social⁴⁸⁶. Nesse sentido, merece destaque o art. 145º do TFUE, o qual prevê que os Estados-membros e a UE empenhar-se-ão em desenvolver uma estratégia coordenada e, em especial, em promover uma mão-de-obra qualificada, formada e suscetível de adaptação, bem como mercados de trabalho que reajam rapidamente às mudanças econômicas visando promover os objetivos mencionados no art. 3º do TUE⁴⁸⁷.

Como resultado desse interesse foram realizados diversos tratados ao longo da história, como, por exemplo, o Tratado de Roma, o qual estabeleceu bases para o Fundo Social Europeu. Entretanto, para o objeto do presente estudo, o que merece maior destaque é o Fundo Europeu de Ajustamento à Globalização a favor dos Trabalhadores Despedidos (FEG). O FEG é um instrumento especial da UE para expressar a solidariedade da UE para com os trabalhadores que perderam o emprego devido à globalização e à reestruturação de empresas.

Esse fundo cofinancia políticas laborais a fim de reempregar trabalhadores ou incentivá-los a criar empresas. Os principais projetos financiados pelo FEG estão relacionados a educação, formação, orientação profissional, auxílio na busca de novo emprego e tutoria na criação de empresas. É importante destacar que não fazem parte desse fundo medidas de proteção social, como pensões ou subsídios de desemprego.

O fundo possui papel fundamental no reestabelecimento da ordem econômica e na preocupação com a realocação da mão de obra afetada pela tecnologia, já que auxilia diretamente os candidatos a empregos com baixa qualificação e desfavorecidos a enfrentar novos desafios no mercado de trabalho. Na União Europeia, os setores considerados mais vulneráveis são aqueles com predominância em mão de obra pouco qualificada, como: têxteis, vestuário, calçado e couro, metais de base e produtos metálicos transformados e indústrias transformadoras⁴⁸⁸.

As regras para a utilização do fundo foram atualizadas em 2021 pelos eurodeputados, a fim de ajudar mais trabalhadores europeus impactados pela globalização. Atualmente, o regulamento prevê alguns critérios de intervenção, aos beneficiários elegíveis e às medidas previstas.

485 GARZON, Victor Manuel Martinez. **Política social e de emprego**: princípios gerais. In: PARLAMENTO EUROPEU. Fichas temáticas sobre a União Europeia. [2025?].

486 UNIÃO EUROPEIA, *op. cit.*

487 GARZON, *op. cit.*

488 GARZON, Victor Manuel Martinez. **Política social e de emprego**: princípios gerais. In: PARLAMENTO EUROPEU. Fichas temáticas sobre a União Europeia. [2025?].

Os elementos centrais consistem em: são elegíveis para apoio as pessoas que perdem o emprego devido à crise do coronavírus, à digitalização, à automação, à transição para uma economia hipocarbônica ou a outras mudanças, independentemente do que causou o despedimento; o requisito formal é que um mínimo de 200 trabalhadores perca o emprego em um período de referência específico; a taxa de cofinanciamento pode ir de 60% a 85%; e, por fim, cada intervenção tem uma duração de dois anos⁴⁸⁹.

Desde 2007, o fundo já mobilizou cerca de 687,7 milhões de euros para ajudar cerca de 170.000 trabalhadores afetados, mostrando-se essencial para a transição a qual vivenciamos⁴⁹⁰. É possível observar uma queda na taxa de desemprego na União Europeia, reflexo das políticas adotadas.

Percebe-se que o arranjo central das medidas adotadas se funda na educação e na preocupação em requalificar a mão de obra despedida. Reforçando tal ideia, em março de 2025, os eurodeputados consideram que os trabalhadores devem ser “beneficiários da reestruturação, nomeadamente quando forem transferidos para um novo posto de trabalho equivalente no seio da sua empresa ou setor atual, ou quando forem requalificados para serem transferidos para um emprego”⁴⁹¹, devem receber assistência e compensação adequadas. O Parlamento Europeu também defendeu que os processos de reestruturação devem respeitar os direitos fundamentais dos trabalhadores, como o direito à informação e à consulta.

Portanto, a abordagem da União Europeia aos impactos da IA no mercado de trabalho revela-se multifacetada: enquanto o AI Act foca na regulamentação ética e segura dos sistemas de IA para prevenir discriminações e proteger direitos fundamentais no ambiente laboral, instrumentos como o FEG abordam diretamente os efeitos de deslocamento da mão de obra por meio de políticas de requalificação e reinserção profissional. Essa complementaridade demonstra uma estratégia abrangente que combina prevenção de riscos com medidas de adaptação, evidenciando o comprometimento da UE em fazer da transição tecnológica um processo inclusivo e socialmente responsável.

489 GARZON, Victor Manuel Martinez. **Política social e de emprego**: princípios gerais. In: PARLAMENTO EUROPEU. Fichas temáticas sobre a União Europeia. [2025?].

490 WIECZOREK, Marta. **Comissão congratula-se com acordo político sobre o Fundo Europeu de Ajustamento à Globalização para trabalhadores despedidos**. Comissão Europeia, fev. 2026.

491 UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) 2024/1689 do parlamento europeu e do conselho, de 13 de junho de 2024**. Cria regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial e que altera os Regulamentos (CE) n. 300/2008, (UE) n. 167/2013, (UE) n. 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1139 e (UE) 2019/2144 e as Diretivas 2014/90/UE, (UE) 2016/797 e (UE) 2020/1828 (Regulamento da Inteligência Artificial). Bruxelas: UE, 2024.

5 CENÁRIO BRASILEIRO

No Brasil, a preocupação com a proteção do trabalhador frente aos impactos das transformações econômicas e tecnológicas não é recente. A Carta Magna⁴⁹², em seu art. 7º, XXVII, garante a proteção contra os efeitos da automação, refletindo uma diretriz fundamental do Direito do Trabalho brasileiro. Essa previsão constitucional, que historicamente visa proteger o emprego em face dos avanços tecnológicos, ganha renovada relevância diante da emergência de uma nova dinâmica de exclusão, que pode gerar uma classe de “outsiders” tecnológicos, em paralelo àqueles marginalizados pelas estruturas do mercado formal e da proteção social, conforme a análise de Marta Arretche⁴⁹³. Contudo, até o momento, não há qualquer medida implementada no país para oferecer proteção e mitigação dos efeitos negativos promovidos pelo avanço da inteligência artificial.

A Procuradoria-Geral da República, reconhecendo essa lacuna normativa, ajuizou Ação Direta de Inconstitucionalidade por Omissão (ADO) perante o Supremo Tribunal Federal (STF), com fundamento nos artigos 102, I, “a”, c/c 103, VI e §2º, e 129, IV, todos da CF/88⁴⁹⁴, requerendo a fixação de prazo para que o Congresso Nacional supra a mora legislativa. O julgamento foi iniciado no Supremo Tribunal Federal em agosto de 2024. Na sessão, foi apresentado o relatório pelo ministro relator Luís Roberto Barroso, que ouviu a Central Única dos Trabalhadores (CUT), parte interessada no processo, a qual defendeu que não se busca o retrocesso dos meios tecnológicos adotados no mercado de trabalho, mas o debate e a regulamentação dos padrões e das políticas de proteção ao trabalho humano, sob pena de permitir demissões em massa, contribuir para a precarização da mão de obra e para o colapso do sistema de seguridade social do país⁴⁹⁵. Entretanto, a votação ficou para outra oportunidade, ainda sem previsão.

Paralelamente à ADO que tramita no STF, pode-se destacar alguns projetos de lei, ainda em fase embrionária. Entre eles, o Projeto de Lei n. 3.088/2024⁴⁹⁶, ainda em análise na Câmara dos Deputados, o qual altera a Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT) para incluir medidas de proteção dos

492 BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

493 ARRETICHE, Marta. Democracia e redução da desigualdade econômica no Brasil: a inclusão dos outsiders. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, v. 33, n. 96, p. 1-23, mar. 2017.

494 BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

495 PIRES, Suélen. **STF começa a julgar ação sobre proteção de trabalhadores contra automação**. Brasília, DF: STF, 2024.

496 MANO, Junior. **Projeto de Lei n. 3.088/2024**. Altera a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) para Altera a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) para dispor sobre a proteção dos trabalhadores frente ao uso da Inteligência Artificial (IA). Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2024.



trabalhadores, inclusive de seus dados e de sua privacidade, e a preservação dos empregos frente ao uso da inteligência artificial⁴⁹⁷.

Segundo o deputado Júnior Mano (PL/CE)⁴⁹⁸, autor do projeto, a crescente utilização da IA já tem impactado as relações de trabalho, o que torna crucial estabelecer um marco que proteja direitos e assegure a transparência e a justiça nos processos automatizados. A IA, ao mesmo tempo em que oferece avanços significativos, traz desafios que precisam ser gerenciados para minorar impactos negativos⁴⁹⁹.

O projeto visa evitar que o uso de sistemas de IA reproduzam padrões discriminatórios, exigindo transparência dos algoritmos em relação à promoção e à admissão dos empregados, garantindo que sejam auditáveis. Também objetiva que os trabalhadores sejam periodicamente capacitados, permitindo que eles compreendam melhor a tecnologia, suas funcionalidades e implicações.

Além disso, o projeto aborda a necessidade de supervisão humana frente às decisões críticas eventualmente tomadas pela inteligência artificial. Segundo o relator do projeto, a supervisão humana é fundamental para garantir a imparcialidade e a correção em processos decisórios que impactam diretamente a vida dos trabalhadores. O projeto exige que a supervisão humana prevaleça em tais decisões, protegendo os interesses dos empregados⁵⁰⁰.

Outro ponto considerado o mais importante do projeto relaciona-se à requalificação dos empregados. Visando preservar os empregos, a proposta prevê que a utilização de automatização robótica de processos deverá ser acompanhada de programas de requalificação que harmonizem o trabalho da IA com as atividades que demandam mais intervenção humana.

Ainda, demonstra importante preocupação com a saúde e a segurança dos trabalhadores, especialmente quanto a doenças psicológicas e físicas decorrentes do uso de IA. Embora o projeto guarde preocupações e regulamentações semelhantes à da União Europeia, quando tratamos do cenário brasileiro, observamos que, ao inserir essas normas na Consolidação das Leis Trabalhistas, a qual possui, por natureza, caráter paternalista, provavelmente o ônus para implementação das medidas recairá integralmente sobre os empregadores, o que pode gerar resistência empresarial devido aos custos de implementação. Ademais, a efetividade das medidas dependerá da capacida-

497 NOBRE, Noéli. **Projeto inclui medidas de proteção de trabalhador contra IA na CLT**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2024.

498 MANO, *op. cit.*

499 NOBRE, Noéli. **Projeto inclui medidas de proteção de trabalhador contra IA na CLT**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2024.

500 NOBRE, Noéli. **Projeto inclui medidas de proteção de trabalhador contra IA na CLT**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2024.

de de fiscalização do Ministério do Trabalho e da criação de mecanismos de monitoramento adequados.

Outrossim, tramita na Câmara dos Deputados o Projeto de Lei n. 3.423/2023⁵⁰¹ apresentado pelo deputado Caio Vianna (PSD/RJ), o qual altera a Lei n. 7.998, de 11 de janeiro de 1990⁵⁰², para dispor sobre a contribuição voluntária das empresas que façam uso de inteligência artificial para o Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT) e a concessão do selo “Empresa Amiga do Emprego”. A contribuição ao Fundo de Amparo ao Trabalhador seria utilizada exclusivamente para custear programas de qualificação profissional para os trabalhadores substituídos pela inteligência artificial. Ou seja, esse projeto cria um fundo específico no FAT, destinando recursos a cursos de formação, além de prever parcerias com entidades formadoras. A proposta é inovadora: do mesmo modo que incentiva a automação, a utiliza para financiar a transição, especialmente no que tange à requalificação da mão de obra dos trabalhadores. Contudo, para que, caso aprovado, o projeto seja bem-sucedido, é essencial a boa governança do fundo.

Portanto, apesar de embrionários e pouco maduros, percebe-se uma certa preocupação do país em regulamentar e adotar medidas para mitigar os impactos do uso da inteligência artificial no mercado de trabalho. Embora as iniciativas legislativas demonstrem crescente consciência sobre os desafios da automação, a ausência de uma política nacional integrada e a fragmentação das propostas evidenciam a necessidade de maior articulação entre os poderes para construção de um marco regulatório efetivo e abrangente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo evidencia que a inteligência artificial representa uma autêntica *general purpose technology*, cujos impactos no mercado de trabalho transcendem meras transformações setoriais, configurando uma revolução estrutural, que demanda respostas coordenadas entre Estado, mercado e sociedade civil. Tal revolução, se não gerida adequadamente, tem o potencial de criar uma nova e significativa categoria de “outsiders” tecnológicos, caracterizados pela obsolescência de habilidades e pela dificuldade

501 VIANNA, Caio. **Projeto de Lei n. 3.423/2023**. Altera a Lei n. 7.998, de 11 de janeiro de 1990, para dispor sobre a contribuição voluntária das empresas que façam uso de inteligência artificial para o Fundo de Amparo ao Trabalhador e a concessão do selo “Empresa Amiga do Emprego”. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2023.
502 BRASIL. **Lei n. 7.998, de 11 de janeiro de 1990**. Regula o Programa do Seguro-Desemprego, o Abono Salarial, institui o Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1990.



de reinserção, análoga à divisão histórica entre “insiders” e “outsiders” no mercado de trabalho brasileiro⁵⁰³.

A investigação acerca dos mecanismos de “efeito deslocamento” e “efeito produtividade” demonstraram que, embora haja a criação de novos postos de emprego, o saldo líquido tende a ser negativo. A análise microeconômica, fundamentada no modelo de quadrantes de Kai-Fu Lee, ilustra que nenhuma ocupação está completamente imune aos impactos da automação. Mesmo profissões consideradas “seguras” e de alta qualificação da mão de obra estão sujeitas a experimentarem transformações substanciais.

Sob a ótica do direito econômico, a regulamentação emerge como imperativo não apenas social, mas econômico. A ausência de marcos normativos pode intensificar desigualdades, gerar instabilidade social e comprometer a própria sustentabilidade do sistema econômico por meio da redução do poder de consumo da massa trabalhadora.

A experiência europeia oferece um modelo interessante de abordagem multifacetada: enquanto o AI Act estabelece salvaguardas éticas e antidiscriminatórias, o Fundo Europeu de Ajustamento à Globalização (FEG) operacionaliza a transição por meio de programas de requalificação. Percebe-se uma maturidade institucional devido à complementaridade entre regulação preventiva e reativa.

O cenário brasileiro, embora incipiente, revela consciência crescente sobre a problemática. A ADO e os Projetos de Leis analisados sinalizam movimento em direção à regulamentação. Contudo, a fragmentação das iniciativas e a ausência de estratégia sólida e integrada constituem limitações significativas.

Diferente da abordagem europeia que enfatiza a coordenação supranacional e fundos específicos, as propostas brasileiras concentram-se na alteração da CLT e na criação de contribuições empresariais voluntárias. Essa estratégia, embora alinhada ao caráter protecionista da legislação trabalhista nacional, pode gerar resistência empresarial e comprometer a efetividade das medidas.

Ademais, conta-se que o Brasil se encontra em um momento crucial: pode aprender com as experiências internacionais e com a sua própria história de inclusão dos “outsiders” para contribuir com o modelo próprio de transição justa, ou aguardar passivamente que as transformações se imponham, arcando com custos sociais elevados.

Por fim, concluímos a presente investigação apresentando algumas soluções para minimizar os impactos negativos do uso da inteligência artificial no mercado de trabalho. A primeira delas seria o retreinamento da força

503 ARRETCHE, Marta. Democracia e redução da desigualdade econômica no Brasil: a inclusão dos outsiders. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, São Paulo, v. 33, n. 96, p. 1-23, mar. 2017.

de trabalho, a qual reputamos ser a mais importante. Essa alternativa consiste em treinar continuamente e ao longo da vida a força de trabalho, para possibilitar que os empregados que perderam seus postos para a inteligência artificial adquiram novas competências e migrem para outras áreas e setores da economia mais dificilmente automatizadas. A dificuldade dessa solução se apresenta no curto e médio prazo. Não há dúvidas de que vivemos em uma sociedade *lifelong learning* e que a educação é o melhor caminho a longo prazo, o problema é que a velocidade de propagação da inteligência artificial é muito maior do que a nossa capacidade de adquirir novas competências.

A segunda alternativa, que é defendida por muitos, consiste em redistribuir a riqueza gerada pela inteligência artificial e concentrada em poucas organizações, por meio da instituição de uma renda básica àqueles que tiveram os seus empregos substituídos pela automação.

Embora haja milhares de soluções, parece haver um consenso de que nenhuma delas pode ser discutida e implementada exclusivamente pelos agentes de mercado do livre mercado. Portanto, os impactos causados pela IA no mercado de trabalho são uma pauta em que a regulamentação se torna indispensável, pelo menos no curto e médio prazo, até que novas dinâmicas de mercado sejam criadas.

REFERÊNCIAS

ACEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual. Artificial intelligence, automation and work. **NBER Working Paper Series**, Cambridge, n. 24196, p. 1-43, 2018. Disponível em: [/https://www.nber.org/system/files/working_papers/w24196/w24196.pdf](https://www.nber.org/system/files/working_papers/w24196/w24196.pdf). Acesso em: 20 mar. 2026.

ALEGRETTI, Laís. Trabalhador ou máquina? As 10 ocupações com maior (e menor) chance de sumir no Brasil. **BBC News Brasil**, jun. 2022. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-62223093>. Acesso em: 3 ago. 2025.

ANVERSA, Luiz. Inteligência artificial: veja as profissões mais impactadas segundo estudo da Microsoft. **Exame**, ago. 2025. Disponível em: https://exame.com/carreira/inteligencia-artificial-veja-as-profissoes-mais-impactadas-segundo-estudo-da-microsoft/?utm_source=copiaecola&utm_medium=compartilhamento. Acesso em: 3 ago. 2025.



ARRETCHE, Marta. Democracia e redução da desigualdade econômica no Brasil: a inclusão dos outsiders. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, v. 33, n. 96, p. 1-23, mar. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcsoc/a/Mtx4F43dy9YjLkf9k85Gg7F/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2026.

ARRUDA, Carlos; TADEU, Hugo; COSTA, Miguel. **O Futuro do Trabalho**: novas tecnologias e pauta ambiental podem agregar 69 milhões de novas ocupações e eliminar 83 milhões. Nova Lima: FDC; WEF, 2003.

BALDWIN, Robert; CAVE, Martin; LODGE, Martin. **Understanding Regulation**: theory, strategy, and practice. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2013.

BARROSO, Luiz Roberto; MELLO, Patrícia Perrone Campos. Inteligência artificial: promessas, riscos e regulação: algo de novo debaixo do sol. **Revista Direito e Praxis**, Rio de Janeiro, v. 15, b. 4, p. 1-45, 2024. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/revistaceaju/article/view/84479/50368>. Acesso em: 20 mar. 2026.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 13 jul. 2025.

BRASIL. **Lei n. 7.998, de 11 de janeiro de 1990**. Regula o Programa do Seguro-Desemprego, o Abono Salarial, institui o Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1990. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7998.htm. Acesso em: 20 mar. 2026.

BRYNJOLFSSON, Erik; MCAFEE, Andrew. **The Second Machine Age**: Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York: W. W. Norton e Company, 2016.

CHINA inaugura o primeiro hospital totalmente operado por médicos robôs. **R7**, maio 2025. Disponível em: <https://noticias.r7.com/espírito-santo/folha-vitoria/china-inaugura-o-primeiro-hospital-totalmente-operado-por-medicos-robos-01052025/>. Acesso em: 21 jul. 2025.

GARZON, Victor Manuel Martinez. **Política social e de emprego: princípios gerais.** In: PARLAMENTO EUROPEU. Fichas temáticas sobre a União Europeia. [2025?]. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pt/sheet/52/politica-social-e-de-emprego-principios-gerais>. Acesso em: 1 ago. 2025.

MANO, Junior. **Projeto de Lei n. 3.088/2024.** Altera a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) para Altera a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) para dispor sobre a proteção dos trabalhadores frente ao uso da Inteligência Artificial (IA). Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2451411>. Acesso em: 20 mar. 2026.

MEIRA, Silvio; BRAGA, Carlos Primo. **Inteligência artificial e suas implicações econômicas.** [S. l.]: FDC, 2024. Disponível em: https://imaginebrasil.fdc.org.br/front/content?content_id=5eef45a4-ba11-4fbe-855c-795beab6ad7c. Acesso em: 20 mar. 2026.

MUSSA, Adriano. **Inteligência Artificial – Mitos e verdades:** as reais oportunidades de criação de valor nos negócios e os impactos no futuro do trabalho. São Paulo: Saint Paul, 2020.

NOBRE, Noéli. **Projeto inclui medidas de proteção de trabalhador contra IA na CLT.** Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/1093899-projeto-inclui-medidas-de-protecao-de-trabalhador-contra-ia-na-clt/>. Acesso em: 24 jul. 2025.

OLIVEIRA, Wenderson Ferreira Balduino de. **Transformações no mercado de trabalho e salários com a ascensão da inteligência artificial:** impactos sobre o trabalhador moderno. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/266380/Transformações%20no%20Mercado%20de%20Trabalho%20e%20Salários.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 mar. 2026.

PIRES, Suélen. **STF começa a julgar ação sobre proteção de trabalhadores contra automação.** Brasília, DF: STF, 2024. Disponível em: <https://noticias.stf.jus.br/postsnoticias/stf-comeca-a-julgar-acao-sobre-protecao-a-trabalhadores-da-automacao/>. Acesso em: 6 ago. 2025.



SAMPAIO, Patrícia Regina Pinheiro. **Regulação e concorrência nos setores de infraestrutura**: análise do caso brasileiro à luz da jurisprudência do CADE. Tese (Doutorado em Direito) – Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2139/tde-27082013-143232/publico/Tese_Patricia_Regina_Pinheiro_Sampaio.pdf. Acesso em: 20 mar. 2026.

STACKPOLE, Beth. **The impact of generative AI as a general-purpose technology**. MIT Management Sloan School, ago. 2024. Disponível em: <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/impact-generative-ai-a-general-purpose-technology>. Acesso em: 1 ago. 2025.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) 2024/1689 do parlamento europeu e do conselho, de 13 de junho de 2024**. Cria regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial e que altera os Regulamentos (CE) n. 300/2008, (UE) n. 167/2013, (UE) n. 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1139 e (UE) 2019/2144 e as Diretivas 2014/90/UE, (UE) 2016/797 e (UE) 2020/1828 (Regulamento da Inteligência Artificial). Bruxelas: UE, 2024. Disponível em: <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj>. Acesso em: 29 jul. 2025.

UNIÃO EUROPEIA. Tratado da União Europeia. **Jornal Oficial da União Europeia**, jun. 2016. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9e8d52e1-2c70-11e6-b497-01aa75ed71a1.0019.01/DOC_2&format=PDF. Acesso em: 8 ago. 2025.

VIANNA, Caio. **Projeto de Lei n. 3.423/2023**. Altera a Lei n. 7.998, de 11 de janeiro de 1990, para dispor sobre a contribuição voluntária das empresas que façam uso de inteligência artificial para o Fundo de Amparo ao Trabalhador e a concessão do selo “Empresa Amiga do Emprego”. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2023. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2297200&filename=PL%203423/2023. Acesso em: 2 ago. 2025.

WIECZOREK, Marta. **Comissão congratula-se com acordo político sobre o Fundo Europeu de Ajustamento à Globalização para trabalhadores despedidos**. Comissão Europeia, fev. 2026. Disponível em: https://portugal.representation.ec.europa.eu/news/fundo-europeu-de-ajustamento-globalizacao-acordo-politico-permite-reforcar-apoio-aos-trabalhadores-2026-02-26_pt. Acesso em: 20 jul. 2025.



AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE PAVIMENTOS REFLETIVOS NA MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DE ILHAS DE CALOR URBANAS E NO CONFORTO TÉRMICO EM DIFERENTES ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS DE UMA CIDADE DE CLIMA TROPICAL

Larissa Virgínia da Silva Ribas⁵⁰⁴

José Roberto Pereira dos Santos⁵⁰⁵

Verônica Teixeira Franco Castelo Branco⁵⁰⁶

504 Doutoranda em Engenharia de Transportes na Universidade Federal do Ceará (UFC) (2022-atual). Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (2017) e graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) (2014). Atualmente, é professora Adjunta 1 no Departamento de Engenharia de Transportes e Geodésia (DETG) da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Foi professora substituta da UFPE (2018-2019), no Centro Acadêmico do Agreste (CAA), lecionando disciplinas para o curso de Engenharia Civil na área de Estradas e Estruturas. Tem experiência técnica na área de Engenharia Civil, na elaboração de projetos e consultorias nas áreas de infraestrutura rodoviária e sistema de gestão de pavimentos.

505 Graduando em Sistemas e Mídias Digitais (UFC) com pesquisa na área de Modelagem 3D para análise da textura de superfícies. Membro do grupo de pesquisas em Transportes e Meio Ambiente (TRAMA/UFC) com bolsa de iniciação científica CNPq (2023-atual), onde trabalha com Processamento Digital de Imagens (PDI), desenvolvimento de programas em Python para análise de dados de simulações microclimáticas, e participa da pesquisa sobre funcionalização termocromática de superfícies asfálticas para mitigação das Ilhas de Calor Urbano.

506 Graduada em Engenharia Civil (*Magna Cum Laude*) pela Universidade Federal do Ceará (2002), mestra em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2004), doutora (Ph.D.) em Engenharia Civil pela Texas AM University (2008) e pós-doutora pela Universidade do Minho, Portugal (2024-2025). Desde 2009, é professora do Departamento de Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará (DET/UFC), atualmente associada IV, e docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes (PETRAN/UFC). Foi vice-coordenadora do PETRAN entre 2012 e 2015, coordenadora do PETRAN entre 2015 e 2019. Atualmente, é orientadora acadêmica do PETRAN desde agosto de 2023. Desde março de 2012, é Bolsista de Produtividade em Pesquisa (PQ) do Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), tendo se tornado nível 1C em 2022. Foi assistente de pesquisa no Texas Transportation Institute (College Station, TX) no período de agosto de 2004 até outubro de 2008, tendo trabalhado em projetos financiados pela Federal Highway Administration (FHWA) e o Asphalt Research Consortium (ARC). No Brasil, já trabalhou em projetos financiados pela Petrobras, CNPq, FUNCAP e Eneva. É consultora ad-hoc do CNPq, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP).



Resumo: O fenômeno das Ilhas de Calor Urbanas (ICUs) representa um desafio significativo para as grandes cidades, especialmente em climas tropicais, onde as altas temperaturas intensificam os impactos ambientais e o estresse térmico. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia dos pavimentos refletivos como estratégia de mitigação do calor urbano, utilizando a cidade de Fortaleza/CE como estudo de caso. Áreas críticas foram identificadas por meio da classificação das Zonas Climáticas Locais (LCZs) e da análise de anomalias de temperatura com o uso do pacote LCZ4r, permitindo uma compreensão da variabilidade térmica intraurbana. Duas LCZs representativas, selecionadas por suas diferenças de morfologia urbana, condições socioeconômicas e materiais construtivos, foram modeladas em dois cenários (pavimento asfáltico convencional e pavimento refletivo) por meio de simulações microclimáticas no *software* ENVI-met, complementadas pelos cálculos do Índice Climático Térmico Universal (UTCI). Os resultados indicaram que os pavimentos refletivos reduziram as temperaturas superficiais em até 9,6 °C e as temperaturas do ar em 1,7 °C durante as horas de maior radiação solar. Contudo, a análise de conforto térmico revelou aumento do estresse térmico diurno devido às maiores temperaturas radiantes médias, com leve melhoria no período noturno. Os achados reforçam o potencial dos pavimentos refletivos na redução do calor urbano e destacam a importância de considerar variáveis urbanísticas em estratégias adaptativas ao clima, oferecendo subsídios técnicos e científicos para o planejamento urbano e a formulação de políticas públicas sustentáveis voltadas à mitigação dos efeitos das ICUs em cidades de clima tropical.

INTRODUÇÃO

Os climas em áreas urbanas (intraurbano) diferem significativamente das áreas não urbanas (rurais) devido às características singulares do ambiente construído. A estrutura urbana, os tipos de uso e ocupação do solo, a atividade humana e a topografia desempenham papéis decisivos na configuração dos padrões microclimáticos, ao alterar o equilíbrio entre a absorção e a reflexão de calor nesses ambientes⁵⁰⁷. Essas interações resultam em subsistemas microclimáticos distintos, que podem ser identificados por variações de temperatura, umidade, radiação média total e outros parâmetros meteorológicos^{508,509}. Uma

507 STEWART, Ian Douglas; OKE, Timothy Richard. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, [s. l.], v. 93, n. 12, p. 1879-1900, dez. 2012.

508 GRIMMOND, Sue. Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. *The Geographical Journal*, [s. l.], v. 173, n. 1, p. 83-88, mar. 2007.

509 STEWART; OKE, *op. cit.*

das consequências é a intensificação dos efeitos de Ilhas de Calor Urbanas (ICUs), que contribuem para o aumento das temperaturas do ar, impactando diretamente a saúde pública, a demanda energética e a degradação ambiental nos centros urbanos⁵¹⁰.

Um dos principais referenciais para a análise da variabilidade climática urbana é o sistema de classificação das zonas climáticas locais (do inglês, *Local Climate Zones – LCZs*), que padroniza a morfologia urbana e a cobertura do solo com base na estrutura superficial, permeabilidade, propriedades dos materiais e intensidade da atividade antrópica⁵¹¹. As LCZs têm sido amplamente aplicadas em estudos voltados à investigação da relação entre a forma urbana e o comportamento térmico, tais como a estimativa de variações da temperatura do ar⁵¹², o mapeamento de ICUs^{513,514} e a correlação entre morfologia urbana e condições térmicas. DU *et al.*⁵¹⁵ utilizaram mapas de LCZs em Hong Kong para demonstrar como parâmetros estruturais urbanos, como o fator de visão do céu (FVC), razão de aspecto, albedo superficial e fração de área edificada, influenciam a intensidade das ICUs, especialmente em áreas comerciais de alta densidade construída, onde o aprisionamento do calor e as emissões antrópicas são mais intensas⁵¹⁶.

O grande desafio das cidades é repensar sua infraestrutura urbana, conciliando a continuidade das atividades socioeconômicas e a implantação de ações que promovam o desenvolvimento sustentável, consciente e menos agressivo ao ambiente⁵¹⁷. Nessa direção, um dos importantes marcos foi o estabelecimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)⁵¹⁸ com apelo de alcance global para a promoção de estratégias que protejam o clima e o meio ambiente. Alguns exemplos são o 9º ODS, que visa construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização sustentável e fomentar a inovação; e o 13º ODS, que busca reforçar a resiliência e a capacidade de adap-

510 XU, Ling *et al.* Potential strategies to mitigate the heat island impacts of highway pavement on megacities with considerations of energy uses. **Applied Energy**, [s. l.], v. 281, n. 116077, 2021.

511 STEWART; OKE, *op. cit.*

512 RAHMANI, Neshat; SHARIFI, Ayyoob. Comparative Analysis of the Surface Urban Heat Island (SUHI) Effect Based on the Local Climate Zone (LCZ) Classification Scheme for Two Japanese Cities, Hiroshima, and Sapporo. **Climate**, v. 11, n. 7, p. 142, jul. 2023.

513 WANG, Ran *et al.* Mapping the local climate zones of urban areas by GIS-based and WUDAPT methods: A case study of Hong Kong. **Urban Climate**, [s. l.], v. 24, p. 567-576, jun. 2018.

514 DIMITROV, Stelian; POPOV, Anton; ILIEV, Martin. An Application of the LCZ Approach in Surface Urban Heat Island Mapping in Sofia, Bulgaria. **Atmosphere**, [s. l.], v. 12, n. 11, p. 1370, out. 2021.

515 DU, Ruiging; LIU, Chun-Ho; LI, Xian-Xiang. A new method for detecting urban morphology effects on urban-scale air temperature and building energy consumption under mesoscale meteorological conditions. **Urban Climate**, [s. l.], v. 53, n. 101775, jan. 2024.

516 KOTHARKAR, Rajashree; BAGADE, Anurag; SINGH, Pranjal Raj. A systematic approach for urban heat island mitigation strategies in critical local climate zones of an Indian city. **Urban Climate**, [s. l.], v. 34, p. 100701, dez. 2020.

517 MASSON-DELMOTTE, Valérie *et al.* **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [S. l.]: IPCC, 2021.

518 ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agenda 2030: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. Nova Iorque: ONU, 2015.



tação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais. Vários estudos discutem o papel das estratégias para a infraestrutura urbana, bem como propõem abordagens para medir os seus impactos e sugerem formas de alinhar os investimentos em infraestrutura com os ODS. No cenário brasileiro, um dos marcos desse direcionamento são as recentes publicações dos planos de ações climáticas por grandes cidades do país como Fortaleza, Recife, Salvador, São Paulo e Curitiba.

No entanto, a lacuna existente entre os níveis de adaptação e mitigação atuais e os necessários para as infraestruturas urbanas é significativa diante dos eventos climáticos extremos cada vez mais frequentes. Acrescente-se a essa realidade a evidente necessidade de um planejamento mais abrangente e efetivo, sobretudo, na busca de alternativas que atendam às necessidades das comunidades mais vulneráveis como povos originários, quilombolas, ribeirinhos e população de baixa renda, além dos grupos específicos, como crianças e idosos. Na área da infraestrutura dos transportes, potenciais estratégias de tecnologias e aplicações para o arrefecimento de pavimentos (do inglês, “cool pavements”) têm sido adotadas. Entre as várias tecnologias de pavimentação desenvolvidas para mitigar os efeitos de ICUs, destacam-se os estudos sobre misturas asfálticas funcionalizadas^{519,520}.

A funcionalização de pavimentos consiste em dotar os pavimentos de novas capacidades ou funções para além das convencionais, garantindo pelo menos o mesmo desempenho mecânico e de resistência às intempéries previsto inicialmente⁵²¹. Entre elas encontra-se a funcionalização termocromática, capaz de modificar as propriedades físicas dos revestimentos asfálticos quando submetidos ao estímulo externo da variação de temperatura⁵²². Os pavimentos termocromáticos são altamente refletivos no verão e menos refletivos no inverno, conferindo-lhes uma característica importante de termorregulação, que pode modular a temperatura da superfície do pavimento de forma mais eficiente⁵²³. A mudança de cor reversível dos pavimentos termocromáticos em resposta às variações de temperatura ambiente altera o albedo da superfície, ou seja, altera a relação entre a radiação solar refletida por uma superfície e a

519 SAADEH, Shadih *et al.* Application of fully permeable pavements as a sustainable approach for mitigation of stormwater runoff. **International Journal of Transportation Science and Technology**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 338-350, dez. 2019. XU, L. *et al.* Potential strategies to mitigate the heat island impacts of highway pavement on megacities with considerations of energy uses. **Applied Energy**, v. 281, n. October 2020, p. 116077, 2020.

520 ROCHA SEGUNDO, Iran Gomes da *et al.* Review and analysis of advances in functionalized, smart, and multifunctional asphalt mixtures. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 151, p. 111552, nov. 2021.

521 ROCHA SEGUNDO, Iran Gomes da *et al.* Review and analysis of advances in functionalized, smart, and multifunctional asphalt mixtures. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 151, p. 111552, nov. 2021.

522 ROSSI, Stefano; SIMEONI, Matteo; QUARANTA, Alberto. Behavior of chromogenic pigments and influence of binder in organic smart coatings. **Dyes and Pigments**, [s. l.], v. 184, n. 108879, jan. 2021.

523 KARLESSI, Theoni *et al.* Development and testing of thermochromic coatings for buildings and urban structures. **Solar Energy**, [s. l.], v. 83, n. 4, p. 538-551, abr. 2009.

radiação total incidente sobre ela. Para fins de simplificação, nesse documento os “pavimentos termocromáticos” serão chamados apenas de “pavimentos refletivos”.

Os pavimentos refletivos têm se destacado como uma estratégia promissora para a mitigação das ICUs, em virtude de sua capacidade de aumentar o albedo superficial e reduzir o armazenamento de calor dos pavimentos. Diversos estudos baseados em simulações numéricas têm demonstrado sua eficácia. Wang, Berardi e Akbari⁵²⁴ simularam a substituição de pavimento asfáltico convencional por um de concreto Portland de cor clara, com o aumento do albedo de 0,2 para 0,4, respectivamente, e observaram uma redução de 7,9 °C na temperatura da superfície ao meio-dia.

O albedo exerce forte influência sobre a temperatura superficial (T_s) dos pavimentos, com reduções que variam entre 6 e 12^{o525,526}. Embora menores, reduções na temperatura do ar (T_{ar}) acima dos pavimentos refletivos também foram registradas, variando desde 0,2–0,4 °C^{527,528} até 1,5 °C^{529,530}.

Kotharkar, Bagade e Singh⁵³¹ combinaram as técnicas de classificação LCZs com simulações microclimáticas para identificar “zonas críticas” no ambiente urbano e avaliar possíveis alternativas de mitigação de ICUs, como o uso de pavimentos refletivos e acréscimo de áreas verdes. Os pavimentos refletivos mostraram-se mais eficazes em áreas com assentamentos densos e não planejados, enquanto o aumento da vegetação foi mais eficiente em zonas de baixa densidade urbana. Esses estudos reforçam a relevância do contexto espacial no planejamento de estratégias de mitigação térmica e demonstram o potencial da combinação entre o mapeamento LCZ e ferramentas de simulação climática em microescala.

Ferramentas de simulação, como métodos baseados em dinâmica dos fluidos computacional (*Computational Fluid Dynamics – CFD*), têm desempenhado papel fundamental nessas investigações de modelagem climática urbana.

524 WANG, Yupeng; BERARDI, Umberto; AKBARI, Hashem. Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 114, p. 2-19, fev. 2016.

525 SYNNEFA, Athina; SANTAMOURIS, Mat; LIVADA, Ioanna. A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment. **Solar Energy**, [s. l.], v. 80, n. 8, p. 968-981, ago. 2006.

526 RIBAS, Lavínia Virgínia da Silva *et al.* Assessment of optical-thermal balance and environmental degradation of a thermochromic-coated asphalt mixture for urban heat mitigation. **Road Materials and Pavement Design**, [s. l.], v. 26, n. supl., p. 537-552, maio 2025.

527 SEN, Sushoban *et al.* Cool pavement strategies for Urban Heat Island mitigation in Suburban Phoenix, Arizona. **Sustainability**, Switzerland, v. 11, n. 16, ago. 2019.

528 JIA, Sigi; WANG, Yuhong. Effect of heat mitigation strategies on thermal environment, thermal comfort, and walkability: A case study in Hong Kong. **Building and Environment**, [s. l.], v. 201, n. 107988, 2021.

529 ZEESHAN, Muhammad; ALI, Zaib. Heat stress mitigation in urban streets having hot humid climatic conditions: Strategies and performance results from a real scale retrofitting project. **Science and Technology for the Built Environment**, [s. l.], v. 28, n. 4, p. 513-526, 2022.

530 ZHANG, Xue *et al.* Laboratorial Investigation on Optical and Thermal Properties of Thermochromic Pavement Coatings for Dynamic Thermoregulation and Urban Heat Island Mitigation. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 83, n. 103950, 2022.

531 KOTHARKAR, Rajashree; BAGADE, Anurag; SINGH, Pranjal Raj. A systematic approach for urban heat island mitigation strategies in critical local climate zones of an Indian city. **Urban Climate**, [s. l.], v. 34, p. 100701, dez. 2020.

Entretanto, a maioria das pesquisas foi conduzida em cidades do Hemisfério Norte com climas subtropicais^{532,533}, semiáridos⁵³⁴, temperados⁵³⁵ ou mediterrâneos^{536,537}. Esses esforços demonstram que as simulações microclimáticas refletem fortemente as condições urbanas e climáticas locais. Nesse contexto, apenas alguns estudos recentes têm se concentrado em regiões tropicais^{538,539}.

Mais raros ainda são estudos desenvolvidos para analisar os impactos da estratégia de pavimentos refletivos na melhoria da experiência térmica dos pedestres. O Índice Climático Térmico Universal (do inglês, *Universal Thermal Climate Index* – UTCI) tem sido empregado nesse sentido para reforçar a relevância da modelagem térmica detalhada^{540,541}. O UTCI combina fatores meteorológicos (temperatura do ar, umidade, velocidade do vento e radiação) com um modelo termofisiológico para avaliar o conforto térmico em diferentes climas. Embora os pavimentos refletivos apresentem bons resultados na redução das temperaturas do ar e da superfície, dados sobre conforto térmico obtidos em um distrito comercial na Austrália permitiram constatar que, às 11h, o aumento do albedo dos pavimentos refletivos teve efeito negativo, resultando em aumento geral do UTCI nos cânions urbanos devido à maior radiação refletida, radiação esta que, no cenário original, era majoritariamente absorvida pelo pavimento asfáltico convencional⁵⁴². Esse resultado evidencia a complexidade envolvida no planejamento de estratégias sustentáveis de resiliência urbana.

Assim, é possível observar que há espaço para contribuição científica em relação ao desempenho de pavimentos refletivos em ambientes tropicais, especialmente, em áreas equatoriais, onde a incidência solar extrema (450–800

532 JIA, Sigi; WANG, Yuhong. Effect of heat mitigation strategies on thermal environment, thermal comfort, and walkability: A case study in Hong Kong. **Building and Environment**, [s. l.], v. 201, n. 107988, 2021.

533 ZHANG, Xue *et al.* Laboratorial Investigation on Optical and Thermal Properties of Thermochromic Pavement Coatings for Dynamic Thermoregulation and Urban Heat Island Mitigation. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 83, n. 103950, 2022.

534 SEN, Sushoban *et al.* Cool pavement strategies for Urban Heat Island mitigation in Suburban Phoenix, Arizona. **Sustainability**, Switzerland, v. 11, n. 16, ago. 2019.

535 TALEGHANI, Mohammed *et al.* The impact of heat mitigation strategies on the energy balance of a neighborhood in Los Angeles. **Solar Energy**, [s. l.], v. 177, p. 604-611, 2019.

536 KYRIAKODIS, Georgios-Efstathios; SANTAMOURIS, Mat. Using reflective pavements to mitigate urban heat island in warm climates: Results from a large scale urban mitigation project. **Urban Climate**, [s. l.], v. 24, p. 326-339, 2018.

537 PIGLIAUTILE, Ilaria *et al.* Inter-building assessment of urban heat island mitigation strategies: Field tests and numerical modelling in a simplified-geometry experimental set-up. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 147, p. 1663-1675, 2020.

538 KOWALSKI, Luiz Fernando; LOPES, Antonio Manuel Saraiva; MASIERO, Érico. Integrated effects of pavement simulation models and scale differences on the thermal environment of tropical cities: physical and numerical modeling experiments. **City and Built Environment**, [s. l.], v. 2, n. 9, p. 1-26, ago. 2024.

539 TAVARES, Silvia G.; ABUSEIF, Majed; DUPRÉ, Karine. Urban Heat Mitigation in a Tropical Climate: A Computer Simulation-Based Study in Townsville, Australia. **City and Environment Interactions**, [s. l.], v. 27, n. 100211, ago. 2025.

540 SANTAMOURIS, Mat *et al.* Using cool paving materials to improve microclimate of urban areas: Design realization and results of the flisvos project. **Building and Environment**, [s. l.], v. 53, p. 128-136, 2012.

541 JIA; WANG, *op. cit.*

542 TAVARES, Silvia G.; ABUSEIF, Majed; DUPRÉ, Karine. Urban Heat Mitigation in a Tropical Climate: A Computer Simulation-Based Study in Townsville, Australia. **City and Environment Interactions**, [s. l.], v. 27, n. 100211, ago. 2025.

W/m²), combinada a morfologias urbanas diversas, impõe desafios particulares ainda pouco explorados. Destaca-se, ainda, a importância dos estudos de simulação microclimática urbana como ferramenta preditiva dos efeitos e impactos das estratégias de pavimentação na mitigação das ICUs, além de subsidiar a tomada de decisão em investimentos voltados à infraestrutura urbana.

O principal objetivo desse estudo é investigar os impactos da aplicação de pavimentos refletivos como estratégia resiliente alinhada aos ODS para mitigação das ICUs em uma cidade de clima tropical do Nordeste brasileiro.

Ao integrar análise espacial e modelagem microclimática, esta pesquisa busca reduzir o distanciamento entre o conhecimento teórico e a aplicação prática de estratégias de mitigação térmica em ambientes urbanos tropicais, oferecendo orientações aplicáveis a planejadores e gestores públicos sobre “onde” e “como” implementar os pavimentos refletivos com maior eficiência.

1 MÉTODO

1.1 Estudo de Caso: Fortaleza/CE

Fortaleza é a capital do estado do Ceará, localizada na região Nordeste do Brasil, entre as coordenadas geográficas de 3°43'02" de latitude sul e 38°32'35" de longitude oeste (Figura 1a, b). Com uma área territorial de aproximadamente 312,4 km² e 16 m de altitude em relação ao nível do mar, a cidade é uma das maiores do país em termos populacionais, abrigoando cerca de 2,7 milhões de habitantes e densidade demográfica de aproximadamente 7.775,5 hab/km²⁵⁴³.

Fortaleza apresenta clima tropical quente e subúmido, caracterizado por uma estação seca bem definida e que, de acordo com a classificação Köppen-Geiger, enquadra-se no tipo climático tropical de savana (Aw). A temperatura média anual é de aproximadamente 27 °C, com elevada umidade relativa do ar devido à proximidade com o Oceano Atlântico. A precipitação média anual é cerca de 1.400 mm, concentrada principalmente entre fevereiro e maio. A velocidade do vento varia entre 3 e 5 m/s, predominando ventos provenientes do leste e sudeste⁵⁴⁴.

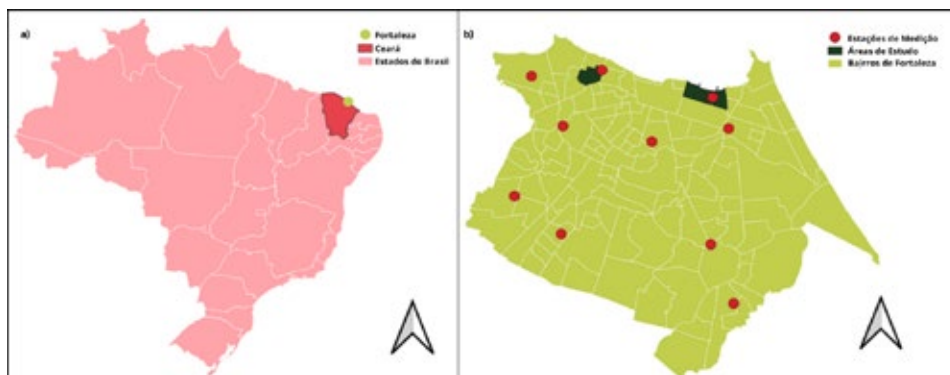
O uso e ocupação do solo em Fortaleza são caracterizados por uma crescente urbanização, sobretudo a partir de 1980, resultando em uma mudança cada vez maior da cobertura do solo natural para área construída. A cidade

543 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022:** resultados preliminares. Brasília, DF: IBGE, 2023.

544 LIMA JÚNIOR, Antonio Ferreira; RIBEIRO, Isabel; AMORIM, Jorge Humberto. Parques urbanos e ilhas de frescor. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 45, p. 1-26, e80373, ago. 2024.

apresenta desigualdades socioespaciais marcantes, com áreas de alta densidade habitacional e verticalização, sobretudo na região central/nordeste da cidade, contrastando com regiões de ocupação irregular e favelas, principalmente nas regiões oeste e sul. Atualmente a cidade possui 100% do seu território classificado como urbano⁵⁴⁵, com exceção de importantes áreas de preservação ambiental, como o Parque do Cocó, uma das maiores áreas verdes urbanas do Brasil, que desempenha papel essencial na mitigação dos impactos ambientais e na regulação climática da cidade⁵⁴⁶.

Figura 1 – Localização da área de estudo: a) Cidade de Fortaleza; b) Bairros do estudo de caso e estações de coleta de dados



Fonte: IPECE⁵⁴⁷.

Estudos anteriores já identificaram ICUs em Fortaleza com aumentos de temperatura de até 5 °C, especialmente nas regiões sudoeste, oeste, noroeste e central⁵⁴⁸. A análise do conforto térmico da cidade indicou que os momentos de maior desconforto ocorrem entre as 13 e 15 horas, principalmente durante o verão⁵⁴⁹, o que gera extremo estresse fisiológico⁵⁵⁰. Lima Junior, Gomes e Zanella⁵⁵¹ destacam o agravamento dos impactos do clima urbano, com as

545 INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (PECE). **Portal de Mapas e Dados do IPECE**. 2024.

546 LIMA JÚNIOR, Antonio Ferreira; RIBEIRO, Isabel; AMORIM, Jorge Humberto. Parques urbanos e ilhas de frescor. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 45, p. 1-26, e80373, ago. 2024.

547 INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (PECE). **Portal de Mapas e Dados do IPECE**. 2024.

548 MOURA, Marcelo de Oliveira; ZANELLA, Maria Elisa; SALES, Marta Celina Linhares. Ilhas térmicas na cidade de Fortaleza/CE. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 28, n. 2, p. 33-44, 2008

549 MOURA, Marcelo de Oliveira; ZANELLA, Maria Elisa; SALES, Marta Celina Linhares. Ilhas térmicas na cidade de Fortaleza/CE. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 28, n. 2, p. 33-44, 2008

550 PETALAS, Kety Vasconcelos; MOTA, Francisco Suetônio Bastos. Avaliação das condições bioclimáticas da região costeira do nordeste brasileiro: o município de Fortaleza/CE. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 13, n. 9, p. 185-201, 2013.

551 LIMA JUNIOR, Antonio Ferreira; GOMES, Flávia Ingrid Bezerra Paiva; ZANELLA, Maria Elisa. O Índice de Calor (HI) na cidade de Fortaleza, Ceará. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 37, n. 1, e73091, dez. 2024.

áreas periféricas, especialmente nas zonas noroeste e oeste, apresentando as piores condições térmicas devido à elevada densidade construtiva e ao uso de materiais de baixa qualidade, que possuem propriedades térmicas insatisfatórias. A interação entre as condições climáticas, as tendências de urbanização e as características da cobertura do solo evidencia os desafios para a gestão urbana e ambiental de Fortaleza, particularmente no que se refere ao conforto térmico e às estratégias de mitigação das ICUs.

1.2 Classificação por LCZS

O sistema de classificação por Zonas Climáticas Locais (LCZs) proposto por Stewart e Oke⁵⁵² foi utilizado para categorizar as características da superfície terrestre na área de estudo. A classificação foi realizada utilizando a ferramenta *LCZ Generator*⁵⁵³, uma plataforma de código aberto, que integra dados de sensoriamento remoto, processamento em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e técnicas de aprendizado de máquina para mapear paisagens urbanas e naturais em LCZs padronizadas.

A preparação dos dados de entrada da região foi delineada de acordo com o referido método⁵⁵⁴, que estabelece 10 classes para variações morfológicas urbanas (LCZs 1–10) e 7 para paisagens naturais (LCZs A–G). A classificação foi feita com resolução espacial de 100 metros e utilizou um algoritmo *random forest* a partir de características espectrais, texturais e geométricas. As áreas de treinamento foram rotuladas manualmente para cada classe de LCZ com base em levantamentos de campo e morfologia urbana (Figura 2). Para a aprovação do controle de qualidade, a métrica de acurácia utilizada foi atingir valores superiores a 0,5, conforme proposto por Bechtel *et al.*⁵⁵⁵.

1.3 Análise das ICUS

O comportamento das ICUs em Fortaleza foi avaliado utilizando o pacote computacional *LCZ4r*⁵⁵⁶, uma ferramenta computacional avançada

552 STEWART, Ian Douglas; OKE, Timothy Richard. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies.

Bulletin of the American Meteorological Society, [s. l.], v. 93, n. 12, p. 1879-1900, dez. 2012.

553 DEMUZERE, Matthias; KITTNER, Jonas; BECHTEL, Benjamin. LCZ Generator: A Web Application to Create Local Climate Zone Maps. *Frontiers in Environmental Science*, [s. l.], v. 9, abr. 2021.

554 STEWART; OKE, *op. cit.*

555 BECHTEL, Benjamin *et al.* Generating WUDAPT Level 0 data: Current status of production and evaluation.

Urban Climate, [s. l.], v. 27, p. 24-45, mar. 2019.

556 ANJOS, Max *et al.* LCZ4r package R for local climate zones and urban heat islands. *Scientific Reports*, [s. l.], v. 15, n. 7710, mar. 2025.



desenvolvida para análises térmicas baseadas em LCZs. A partir do mapa de classificações LCZs de Fortaleza, previamente elaborado com o uso do *LCZ Generator*, a primeira etapa consistiu na análise avançada de dados de temperatura do ar e de umidade relativa. Esses dados ambientais foram obtidos por Lima Junior, Gomes e Zanella em uma campanha de campo realizada entre novembro de 2021 e março de 2022, que contemplou tanto a estação seca quanto a chuvosa⁵⁵⁷.

Na coleta dos dados, foram empregadas dez miniestações equipadas com termo-higrômetros HOBO MX2301A (precisão de $\pm 0,2$ °C), devidamente abrigadas para evitar a exposição direta à radiação solar e ao vento, o que permitiu que as medições fossem mais precisas e representativas das condições ambientais. As leituras foram realizadas em intervalos de 10 minutos e ajustadas conforme os requisitos do pacote LCZ4r. A distribuição espacial das estações de coleta de dados é apresentada na Figura 1b.

557 LIMA JUNIOR, Antonio Ferreira; GOMES, Flávia Ingrid Bezerra Paiva; ZANELLA, Maria Elisa. O Índice de Calor (HI) na cidade de Fortaleza, Ceará. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 37, n. 1, e73091, dez. 2024.

Figura 2 – Exemplo de classificação LCZ da cidade de Fortaleza e quantitativo de áreas de treinamento para cada tipo LCZ

TIPOS DE CONSTRUÇÕES	Fortaleza	TIPOS DE COBERTURA DA TERRA	Fortaleza
LCZ 1: Compacta de alta elevação		LCZ A: Vegetação arbórea densa	
LCZ 2: Compacta de média elevação		LCZ B: Vegetação arbórea esparsa	
LCZ 3: Compacta de baixa elevação		LCZ C: Vegetação arbustiva	
LCZ 4: Aberta de alta elevação		LCZ D: Vegetação rasteira	
LCZ 5: Aberta de média elevação		LCZ E: Rocha exposta / pavimentada	
LCZ 6: Aberta de baixa elevação		LCZ F: Solo exposto / areia	
LCZ 7: Compacta pouco consolidada de baixa elevação	Não identificado	LCZ G: Água	
LCZ 8: Grandesa construções de baixa elevação			
LCZ 9: Construção esparsa			
LCZ 10: Indústria			

Fonte: Elaborada pelos autores.

As séries temporais dos dados de temperatura do ar foram sistematicamente categorizadas segundo a classificação LCZ para monitorar tendências temporais e identificar anomalias térmicas. Essas anomalias foram calculadas como a diferença entre as temperaturas registradas em cada estação de

monitoramento LCZ e a temperatura média de todas as estações durante os respectivos períodos, sendo que valores positivos indicam zonas relativamente mais quentes.

Para a análise espacial, foram aplicadas técnicas geoestatísticas, utilizando interpolação por Krigagem para gerar mapas contínuos de distribuição da temperatura e das anomalias térmicas. Essa abordagem permitiu considerar efetivamente a autocorrelação espacial ao mesmo tempo em que minimizou a variância de estimativa, proporcionando uma visualização robusta dos padrões térmicos ao longo da paisagem urbana de Fortaleza.

A Intensidade das Ilhas de Calor Urbanas (IICU) foi quantificada utilizando o método de comparação urbano-rural. As estações de referência foram cuidadosamente selecionadas com base em múltiplos critérios: classificação LCZ verificada que distingue áreas urbanas e rurais, conhecimento detalhado da morfologia urbana local e verificação *in loco* das características superficiais. A IICU foi calculada utilizando a seguinte equação:

$$IICU = T_{urbana} - T_{rural} \quad (1)$$

Onde, T_{urbana} representa a temperatura da estação urbana em questão e T_{rural} representa a temperatura da estação rural de referência.

1.4 Modelagem e calibração das simulações microclimáticas

1.4.1 Seleção das áreas simuladas

Duas áreas foram selecionadas para simulação com base no contraste significativo da morfologia/geometria urbana, os resultados das análises prévias de IICUs e a disponibilidade de dados de temperatura do ar *in situ*: a Área 1, classificada como LCZ3 zona urbana “compacta de baixa elevação” (*low-rise urban area*), foi codificada nesse estudo com a sigla LR; e a Área 2, classificada como LCZ1 zona urbana “compacta de alta elevação” (*high-rise urban area*), foi codificada como HR. A seleção dessas áreas com diferentes LCZs visou capturar a variabilidade nas respostas microclimáticas ao se implementar o pavimento refletivo como estratégia de mitigação de ICUs.

A área 1, LR, está localizada na porção noroeste de Fortaleza e se caracteriza por uma densidade populacional extremamente elevada e baixa renda média, atingindo aproximadamente 18.000 hab/km² e apresentando um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,365. Em termos de desenvol-

vimento urbano, LR exibe um ambiente construído denso, com uma escassez de áreas verdes e espaços abertos. O uso predominante do solo é residencial, com edificações estreitamente espaçadas e geminadas, que carecem de recuos frontais, laterais ou traseiros. Tal configuração resulta em uma alta concentração de construções.

A rede viária é composta por ruas longas e estreitas, pavimentadas com concreto asfáltico. Quando presentes, os passeios (calçadas) são tipicamente estreitos e construídos em concreto. A maioria das edificações nesta área possui até quatro pavimentos e faz uso extensivo de materiais como alvenaria, telhas cerâmicas e pavimentos asfálticos, que dominam a paisagem local (Figura 3).

Figura 3 – Limites e aspectos físicos da área 1, LR



Fonte: Dados da pesquisa.

A área 2, HR, em contraste com a LR, é altamente verticalizada com uso e ocupação do solo misto, uma renda média mais elevada e IDH de 0,953, que se reflete em um padrão urbano completamente diferente. As ruas e avenidas são, predominantemente, pavimentadas com asfalto, porém com largura média de 14 m, o que facilita a circulação dos ventos. As edificações na HR geralmente ultrapassam dez pavimentos e são construídas, majoritariamente, com estruturas de concreto ou estruturas metálicas e revestimento cerâmico. Embora as áreas verdes sejam limitadas, elas estão presentes, principalmente, nos espaços comuns dos condomínios e ao longo dos cinturões de paisagismo urbano (calçadas ou canteiros centrais). Outro aspecto relevante da área HR é a sua proximidade com o litoral. De acordo com Lima Junior, Gomes e Zanella⁵⁵⁸, essa localização desempenha um papel crucial no resfriamento da atmosfera local por meio da intensidade das brisas marinhas.

558 LIMA JUNIOR, Antonio Ferreira; GOMES, Flávia Ingrid Bezerra Paiva; ZANELLA, Maria Elisa. O Índice de Calor (HI) na cidade de Fortaleza, Ceará. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 37, n. 1, e73091, dez. 2024.

Figura 4 – Limites e aspectos físicos da área 2, HR



Fonte: Dados da pesquisa.

1.4.2 Configurações e cenários simulados no ENVI-met

As simulações microclimáticas foram conduzidas utilizando o *software* ENVI-met, versão 5.6.1. Trata-se de um modelo alemão de Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD, do inglês *Computational Fluid Dynamics*) concebido para simular microclimas urbanos com base na interação entre superfícies, vegetação e a atmosfera⁵⁵⁹. O ENVI-met resolve as equações de Reynolds-Averaged Navier–Stokes em três dimensões, apresentando uma resolução horizontal que varia entre 0,5 e 10,0 m⁵⁶⁰.

Com base na análise de medições de campo reportadas por Lima Júnior, Ribeiro e Amorim⁵⁶¹, foi selecionado um dia representativo para a simulação: 19 de novembro de 2021, o dia mais quente do período monitorado. Cada simulação iniciou às 4h da manhã (horário local), aproximadamente duas horas antes do nascer do sol, e teve uma duração total de 18 horas. O perfil vertical da umidade específica a 2.500 metros foi obtido a partir da base de dados da *University of Wyoming Radiosonde Archive*⁵⁶². As simulações utilizaram o método de “forçamento simples” (do inglês, *simple forcing*), incorporando valores de entrada horários para temperatura do ar e umidade relativa. Os dados de velocidade do vento foram obtidos junto ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e aplicados uniformemente em ambas as áreas de simulação. Uma visão detalhada dos parâmetros de entrada é fornecida na Tabela 1.

559 WANG, Ran *et al.* Mapping the local climate zones of urban areas by GIS-based and WUDAPT methods: A case study of Hong Kong. *Urban Climate*, [s. l.], v. 24, p. 567-576, jun. 2018.

560 ERELL, Evyatar; PEARLMUTTER, David; WILLIAMSON, Terence. *Urban Microclimate: Designing the Spaces Between Buildings*. London: Taylor & Francis, 2011. v. 1.

561 LIMA JÚNIOR, Antonio Ferreira; RIBEIRO, Isabel; AMORIM, Jorge Humberto. Parques urbanos e ilhas de frescor. *Geo UERJ*, Rio de Janeiro, n. 45, p. 1-26, e80373, ago. 2024.

562 UNIVERSITY OF WYOMING. *University of Wyoming Atmospheric Science Radiosonde Archive*. Laramie: University of Wyoming, [2025?].

A estrutura de cada cenário simulado incluiu três camadas essenciais: uma camada de vegetação com árvores tridimensionais (3D), uma camada de edificações (contendo dados de altura e materiais de construção) e uma camada de superfície (representando os materiais empregados ao nível do solo). Um ponto de medição (receptor) foi posicionado na mesma localização da estação de monitoramento de campo em cada bairro, servindo como referência fundamental para a validação dos resultados da simulação. Para garantir a comparabilidade entre as áreas analisadas, foram aplicadas condições de contorno idênticas em ambos os modelos.

Tabela 1 – Parâmetros de entrada das áreas simuladas (LR e HR)

CATEGORIA	PARÂMETRO	VALOR
Domínio	Área do modelo (P × L × h) (m)	387 × 381 × 468
	Resolução do grid (X × Y × Z) (m)	3 × 3 × 2
Dados Simulação	Data	19/11/2021
	Hora de início	4h
	Duração (h)	18
	Intervalo de medição do receptor (min)	10
Dados Meteorológicos	Direção do vento	104°
	Velocidade do vento a 10 m (m/s)	5,20
	Umidade Específica 2.500m (g/kg)	5,00
	Variação da temperatura do ar (°C)	27 - 36
	Variação da umidade relativa (%)	46 - 79
	Rugosidade média (m)	0,01

Fonte: Dados da pesquisa.

Para comparar a eficácia da estratégia, foram simulados dois cenários: *Cenário de Controle (CO)*: representa as condições reais de cobertura do solo de cada área simulada, sendo modelado com base em imagens de alta resolução provenientes do *Google Earth* e *Google Maps*. *Cenário de Pavimento Refletivo (PR)*: a única modificação foi na variável albedo de superfície. Enquanto o albedo do pavimento no CO (representando o pavimento asfáltico convencional) foi de 0,1, este valor foi aumentado para 0,5 no Cenário PR, equivalente ao pavimento refletivo.

1.4.3 Calibração do Modelo

Para validação geral do modelo ENVI-met, foi adotada a análise de correlação entre a temperatura do ar simulada e medida nas miniestações *in loco*. Assim, os resultados das simulações fornecidos pelos receptores de dados do modelo ENVI-met foram comparados com os perfis diários das variáveis meteorológicas medidas em campo e a precisão do modelo foi verificada por meio do cálculo de índices de validação comumente usados, como erro absoluto médio (do inglês, *Mean Absolute Error* – MAE) e erro quadrático médio (do inglês, *Root Mean Square Error* – RMSE), calculados de acordo com as Equações 2 e 3, respectivamente.

O MAE é uma métrica que mede a média das diferenças absolutas entre os valores previstos e os valores observados. Onde n é número de observações, P_i é o valor previsto (simulado pelo ENVI-met), O_i é valor observado (medido em campo) e $|P_i - O_i|$ diferença absoluta entre o valor previsto e o valor observado. Enquanto o RMSE isola o erro sistemático, ou seja, a tendência média de superestimar ou subestimar os valores ao longo do tempo.

Um RMSE mais baixo indica menor viés no modelo. Onde n é o número de observações, \bar{P} é valor médio previsto (simulado pelo ENVI-met), \bar{O} é o valor médio observado (medido em campo) e $(\bar{P} - \bar{O})^2$ é o quadrado da diferença entre os valores médios previstos e observados.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - O_i| \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \quad (3)$$

1.4.4 Avaliação do conforto térmico

Para avaliar o conforto térmico sob diferentes cenários simulados, aplicou-se o Índice Universal de Conforto Térmico (UTCI, do inglês *Universal Thermal Climate Index*). Este índice bioclimático quantifica o estresse térmico ao expressá-lo como uma temperatura ambiente equivalente, que corresponde às condições ambientais que provocariam a mesma resposta fisiológica em um indivíduo de referência exposto a um ambiente padrão⁵⁶³.

563 BLAZEJCZYK, Krzysztof. *et al.* Comparison of UTCI to selected thermal indices. *International Journal of Biometeorology*, [s. l.], v. 56, n. 3, p. 515-535, maio 2012.

Neste estudo, os valores do UTCI foram calculados utilizando-se a ferramenta *BioMet*, *plug-in* disponível no *software* ENVI-met, com base nas saídas das simulações. Para considerar um cenário mais vulnerável e, assim, avaliar o estresse térmico sob condições severas, as configurações do “indivíduo de referência” foram ajustadas para simular uma criança do sexo masculino, 8 anos de idade, 1,40 m de estatura, 30 Kg de massa corporal e trajando vestes de verão. Essa configuração corresponde a uma taxa metabólica total de 117,18 W/m².

As categorias de estresse térmico associadas ao índice UTCI seguem os intervalos de classificação estabelecidos, conforme demonstrado na Tabela 2. Essas categorias variam de “nenhum estresse térmico” a “estresse por calor/frio extremo” e são utilizadas para interpretar as implicações fisiológicas das condições microclimáticas simuladas sobre o conforto humano.

Tabela 2 – Classes UTCI para conforto térmico

UTCI (°C)	NÍVEL DO ESTRESSE TÉRMICO
acima +46	Calor extremo
+38 / +46	Calor muito forte
+32 / +38	Calor forte
+26 / +32	Calor moderado
+9 / +26	Sem estresse térmico
+9 / 0	Frio leve
0 / -13	Frio moderado
-13 / -27	Frio forte
-27 / -40	Frio muito forte
abaixo -40	Frio extremo

Fonte: Dados da pesquisa.

3 RESULTADOS

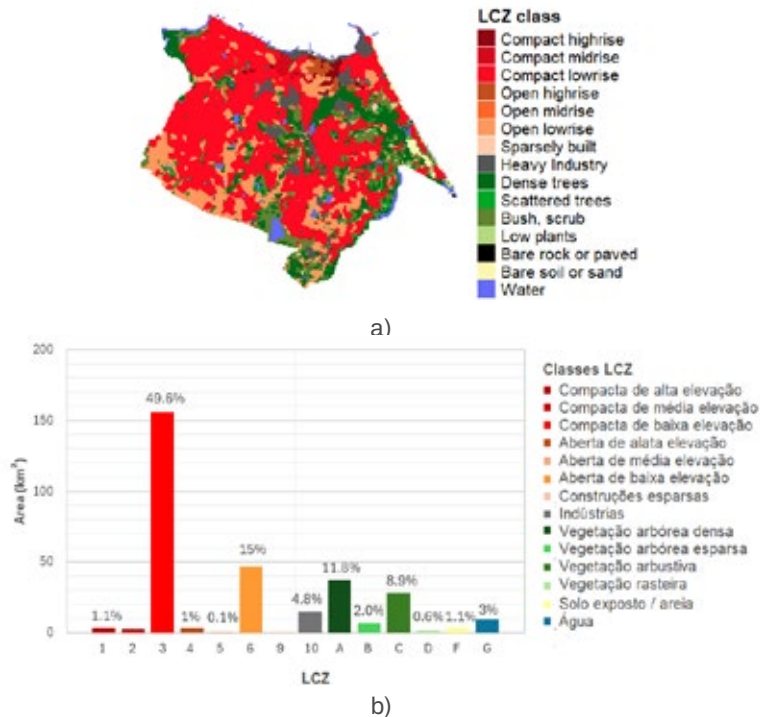
3.1 Classificação LCZs e análises da formação de ICUS

A região de interesse foi definida como os limites administrativos do município de Fortaleza. As áreas de treinamento foram selecionadas utilizando dados referentes ao ano de 2025 para todos os tipos de LCZs, com exceção da classe LCZ 7, categoria raramente observada em ambientes urbanos, que foi excluída da análise. O mapa resultante de classificação das LCZs representa com precisão a distribuição espacial das classes LCZs na cidade de Fortaleza/CE, conforme ilustrado na Figura 5a.

De modo geral, o mapa revela a predominância de zonas “construídas”, sendo a LCZ 2 (edificações compactas de média altura) a mais prevalente, abrangendo aproximadamente 50% da área total (Figura 5b). Essa classificação está em consonância com o atual uso e ocupação do solo e com os padrões de desenvolvimento urbano observados em Fortaleza. A LCZ 6 (edificações espaçadas de baixa altura) ocupa a segunda posição, representando 15% da área, concentrando-se principalmente na região sul da cidade, a qual corresponde a zonas periféricas caracterizadas por assentamentos habitacionais não planejados.

Conforme mencionado anteriormente, o “Parque do Cocó”, uma extensa área de floresta urbana preservada localizada na região central da cidade, responde pela maior parte dos 11,8% correspondentes à LCZ 11 (vegetação densa), evidenciando a presença de uma infraestrutura verde significativa no tecido urbano da cidade. Embora as LCZs 1 e 4 (edificações compactas de grande altura e edificações espaçadas de grande altura, respectivamente) representem apenas cerca de 2,1% da área total do município, elas se concentram ao longo da zona costeira, em áreas de alto valor imobiliário. Essas zonas refletem a morfologia urbana e o padrão de verticalização crescente nas regiões mais valorizadas da cidade.

Figura 5 – a) Mapas de distribuição espacial das classes LCZ em Fortaleza; b) Distribuição percentual das classes LCZ



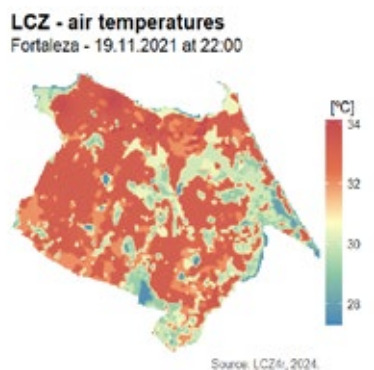
Fonte: Dados da pesquisa.

Para analisar a variabilidade intradiária dos efeitos de ICUs, as avaliações foram realizadas para janelas temporais de 1h utilizando o pacote LCZ4r, que integrou o mapa de classificação LCZ à interpolação dos dados de T_{ar} coletados em campo. A Figura 6 apresenta a distribuição espacial da intensidade da ICUs em Fortaleza no dia 19 de novembro de 2021, às 12h e às 22h.

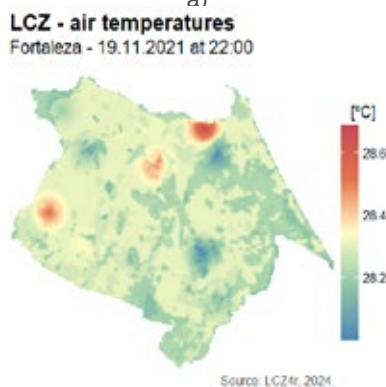
Às 12h (Figura 6a), a T_{ar} se mantém elevada em grande parte da cidade, especialmente na zona oeste e nas áreas centrais, que são densamente edificadas. É notável a presença da LCZ 11 como exceção, onde foram registradas T_{ar} mais baixas, atribuídas à presença de extensas áreas vegetadas, como o Parque do Cocó, além de corpos d'água adjacentes, que contribuem para efeitos localizados de arrefecimento. Às 22h (Figura 6b), entretanto, a formação de ICUs tornou-se mais pronunciada, revelando a persistência do calor acumulado em determinadas zonas urbanas. Os principais pontos de calor concentraram-se nas áreas classificadas como LCZ 4 (edificações altas e espaçadas), LCZ 3 (edificações compactas de baixa altura) e LCZ 10 (áreas industriais pesadas), evidenciando a reduzida capacidade de dissipar o calor

acumulado durante a noite. Embora a diferença de T_{ar} alcance apenas $0,5^{\circ} C$, esses resultados ressaltam a importância da forma urbana e da cobertura do solo na modulação da distribuição noturna da temperatura e na resiliência das áreas urbanas ao estresse térmico.

Figura 6 – Mapas de distribuição da T_{ar} e formação de ICUs para Fortaleza em 19 de novembro de 2021: a) 12h; b) 22h



a)



b)

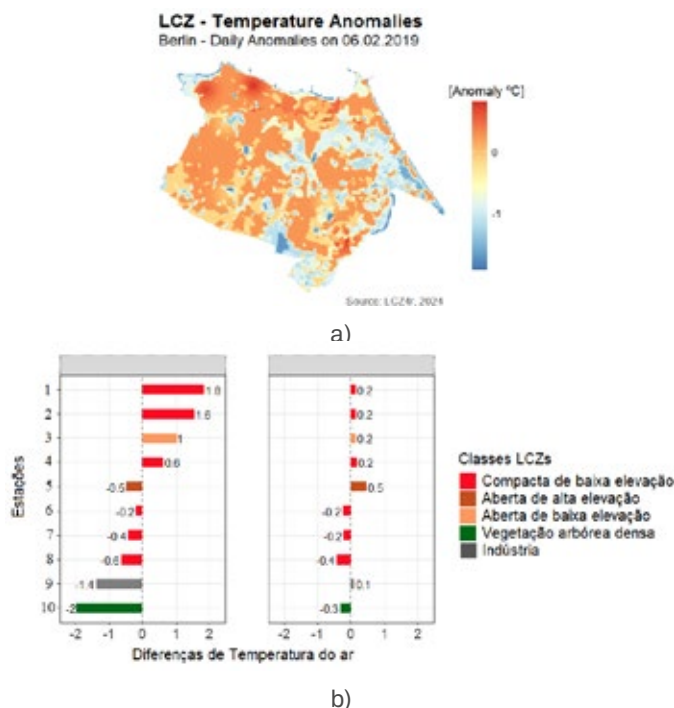
Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 7 ilustra as anomalias de temperatura do ar em Fortaleza no dia mais quente registrado durante o período de medição, representativo de um dia típico de verão. As anomalias correspondem às diferenças entre as temperaturas observadas e as médias registradas em cada estação analisada. Para considerar as diferenças de referência entre os distintos tipos de LCZs, as anomalias foram normalizadas por meio da abordagem proposta pelo pacote

LCZ4r, que ajusta as variações inerentes nas temperaturas de referência entre os tipos de LCZs⁵⁶⁴.

Os resultados evidenciam contrastes marcantes nos padrões de temperatura entre as diferentes classes de LCZ, ressaltando a influência do uso e da cobertura do solo sobre o microclima urbano. As estações localizadas nas LCZ 3 (edificações compactas de baixa altura) e LCZ 6 (edificações esparsas de baixa altura) apresentaram anomalias positivas de +1,8 °C e +1,0 °C, respectivamente, indicando temperaturas diurnas mais elevadas, comuns nas áreas mais densamente edificadas. Em contrapartida, as estações situadas nas LCZ 11 (vegetação densa) e LCZ 10 (indústria pesada) registraram anomalias negativas de -2,0 °C e -1,4 °C, respectivamente, refletindo condições ligeiramente mais amenas. As anomalias noturnas revelaram que a estação correspondente à LCZ 4 (edificações altas e espaçadas) constitui a área mais quente da cidade durante a noite, apresentando uma variação de temperatura de +1,0 °C.

Figura 7 – Anomalias da T_{ar} por LCZ em Fortaleza em 19 de novembro de 2021: a) mapa de distribuição de anomalias de T_{ar} ; b) gráfico de desvio total de T_{ar}



Fonte: Dados da pesquisa.

564 ANJOS, Max *et al.* LCZ4r package R for local climate zones and urban heat islands. *Scientific Reports*, [s. l.], v. 15, n. 7710, mar. 2025.

3.2 Validação dos resultados da modelagem do ENVI-met

Para realizar a validação do modelo microclimático no ENVI-met, os perfis de T_{ar} referentes ao cenário CO foram comparados com os dados obtidos durante a campanha de campo. A Figura 8 apresenta a comparação entre as medições reais de T_{ar} nos pontos de coleta e os respectivos perfis simulados pelo modelo.

Figura 8 – Comparação entre T_{ar} simulada e medida a h = 1,4 m para diferentes datas: a) e b) LR; c) e d) HR



a)



b)

Fonte: Dados da pesquisa.

A análise comparativa apresentou bom ajuste entre os dados medidos (linhas laranja) e os dados simulados (linhas verdes) ao longo do dia 19 de novembro de 2021. Para ambos os bairros, os perfis simulados de T_{ar} mostraram-se superiores aos valores observados, com a curva simulada sendo mais suave em comparação com as curvas de medições reais, cuja maior variabilidade é decorrente das complexidades do ambiente urbano real. Em particular,

foi observada uma diferença máxima de aproximadamente 3,2° C entre os dados simulados e os medidos por volta das 11h, no cenário CO da área LR.

Embora diversos estudos relatem que o ENVI-met tende a subestimar as T_{ar} durante o período diurno, neste caso observou-se o comportamento oposto. Segundo Detommaso, Costanzo e Nocera⁵⁶⁵, tais discrepâncias podem decorrer de simplificações presentes no método de transferência de radiação do ENVI-met (método IVS). O método IVS tem como principal objetivo aprimorar a precisão da modelagem dos fluxos de radiação secundária, ou seja, aquela emitida ou refletida pelos objetos do ambiente (paredes, coberturas, solo e vegetação). Essas simplificações podem resultar em imprecisões no cálculo da radiação em cânions urbanos, especialmente durante períodos de exposição solar máxima, como também observado por Liu *et al.*⁵⁶⁶.

Para avaliar numericamente o desvio entre os resultados das simulações e os dados medidos em campo, foram calculados os índices estatísticos apresentados na Seção 2.4.3, cujos valores estão reportados na Tabela 3. O ponto de medição HR apresentou índices de erro significativamente menores (MAE = 0,45 °C e RMSE = 0,51 °C) em comparação com o modelo para LR (MAE = 1,34° C e RMSE = 1,53 °C), indicando maior precisão das simulações no local HR. Os valores do parâmetro R^2 reforçam esse achado, já que demonstram forte correlação entre os dados simulados e observados, sugerindo que o modelo teve excelente desempenho no ponto HR. De modo geral, o estudo prosseguiu com a análise dos resultados das simulações uma vez que os modelos demonstraram ser consistentes e confiáveis estatisticamente.

Tabela 3 – Índices estatísticos de validação do modelo ENVI-met

Variável	Índice Estatístico	Un	Local / Data	
			19/11/2021	
			LR	HR
T_{ar}	MAE	°C	1,34	0,45
	RMSE	°C	1,53	0,51
	R^2	-	0,84	0,94

Fonte: Dados da pesquisa.

565 DETOMMASO, Maurizio; COSTANZO, Vincenzo; NOCERA, Francesco. Application of weather data morphing for calibration of urban ENVI-met microclimate models. Results and critical issues. *Urban Climate*, [s. l.], v. 38, n. 100895, 2021.

566 LIU, Dalong; HU, Songshu; LIU, Jiaping. Contrasting the performance capabilities of urban radiation field between three microclimate simulation tools. *Building and Environment*, [s. l.], v. 175, n. 106789, maio 2020.



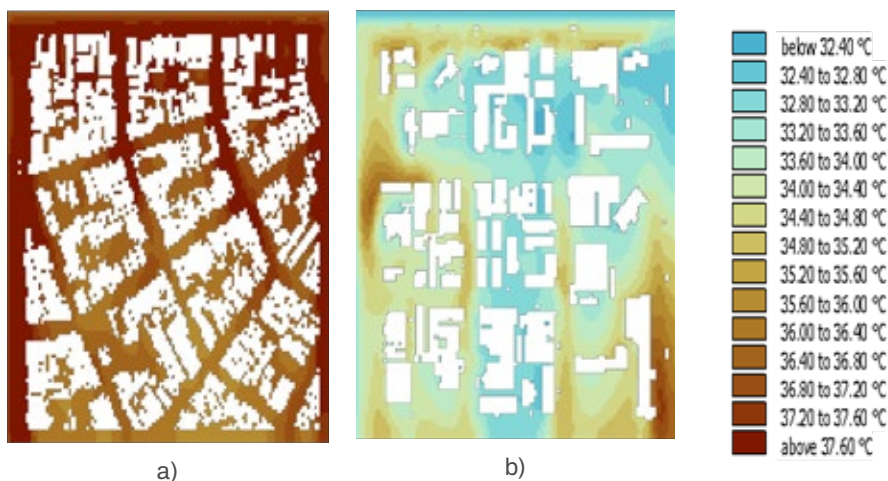
3.3 Temperaturas do ar e da superfície do pavimento – Cenário CO

A Figura 9 ilustra a T_{ar} a 1,4 m acima do nível do solo ao meio-dia para os bairros LR e HR, apresentados nos painéis (a) e (b), respectivamente. A T_{ar} simulada mais elevada foi de 39,3 °C no bairro LR (Figura 8a). Observam-se temperaturas mais altas sobre o pavimento asfáltico, especialmente no lado leste do bairro, o que pode estar associado à direção predominante dos ventos.

O intervalo de variação da T_{ar} em LR é pelo menos 2,5 °C superior ao observado em HR. Embora o bairro HR esteja ligeiramente mais próximo da costa do que LR, essa diferença de temperatura está provavelmente relacionada às variações na configuração do ambiente construído. O bairro HR apresenta ruas mais largas e edifícios mais altos, o que gera maior espaçamento entre as estruturas e, conseqüentemente, melhor circulação dos ventos. As menores T_{ar} em HR também podem ser atribuídas ao efeito de sombreamento dos edifícios altos e à presença de áreas vegetadas dentro dos conjuntos residenciais, onde as temperaturas atingiram valores mínimos de até 32,5 °C (Figura 9b).

Esses resultados ressaltam a influência significativa da cobertura do solo local sobre a T_{ar} , em consonância com estudos anteriores^{567,568}, que demonstram que as características da superfície urbana podem alterar substancialmente o microclima das cidades.

Figura 9 – Mapas da T_{ar} a uma altura de 1,4 m ao meio-dia: a) LR e b) HR



Fonte: Dados da pesquisa.

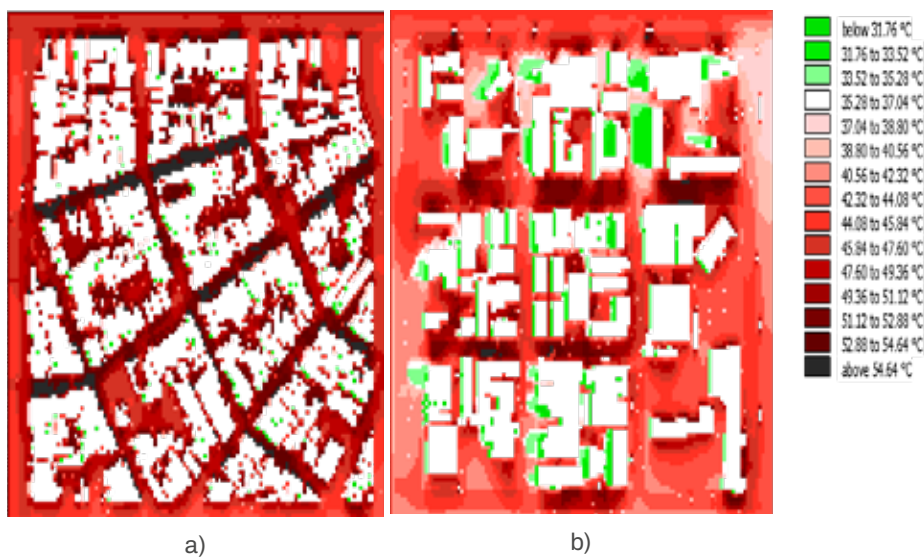
567 SANTAMOURIS, Mat. Cooling the cities: A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy*, [s. l.], v. 103, p. 682-703, maio 2014.

568 TALEGHANI, Mohammed *et al.* The impact of heat mitigation strategies on the energy balance of a neighborhood in Los Angeles. *Solar Energy*, [s. l.], v. 177, p. 604-611, 2019.

De modo semelhante, as temperaturas de superfície (T_{sup}) são mais elevadas sobre os pavimentos no bairro LR, atingindo um máximo de 56,8 °C, conforme mostrado na Figura 10a. A diferença de temperatura, pelo menos 3,3 °C superior à observada em HR, está, provavelmente, associada à ausência de áreas sombreadas em LR, cuja morfologia urbana é caracterizada por edificações de altura relativamente uniforme e escassez de vegetação. Em contraste, a Figura 10b mostra que as menores T_{sup} em HR são observadas próximas aos edifícios, possivelmente devido ao sombreamento proporcionado por sua maior altura e espaçamento.

Observa-se que a área pavimentada exerce forte influência sobre o microclima local das áreas estudadas, uma vez que as maiores T_{ar} e T_{sup} foram registradas sobre o pavimento. Nesse contexto, a aplicação de materiais ou soluções para o resfriamento de pavimentos se mostra justificada, pois gera benefícios econômicos, como a redução do consumo de energia para climatização interna e o aumento da vida útil dos materiais asfálticos; e benefícios ambientais, como a redução da velocidade das reações de poluentes atmosféricos e, possivelmente, a mitigação dos efeitos ICUs.

Figura 10 – Mapas da T_{sup} do pavimento ($z = 0$ m) ao meio-dia: a) LR e b) HR



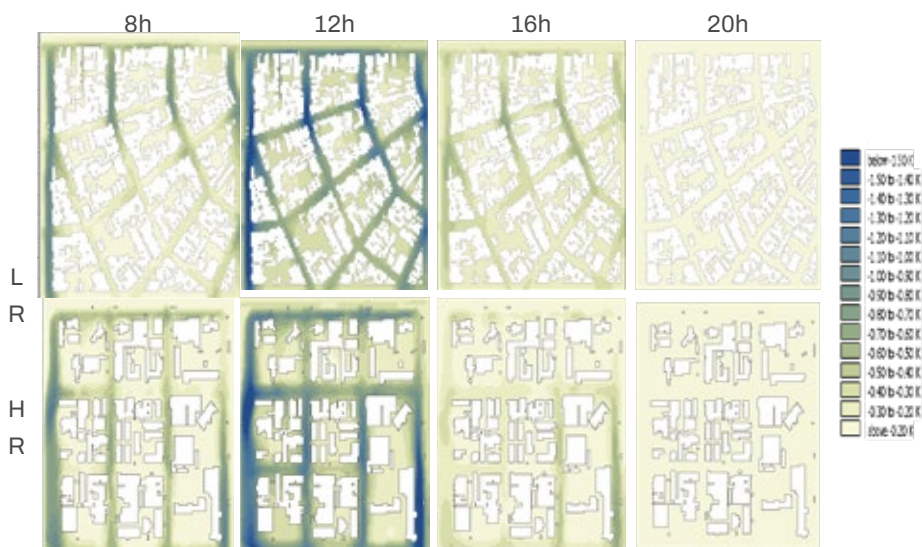
Fonte: Dados da pesquisa.

3.4 Impactos da estratégia dos pavimentos refletivos (PR) nas T_{AR} E T_{SUP}

As Figuras 11 e 12 ilustram o impacto da implementação da estratégia dos pavimentos refletivos (cenário PR) em comparação com a simulação de controle (cenário CO) sobre a T_{ar} e T_{sup} , respectivamente. Os gráficos apresentam os resultados obtidos às 8h, 12h, 16h e 20h, horários selecionados para capturar o desempenho da estratégia ao longo do dia. Esses períodos incluem tanto o horário de maior irradiância solar (ao meio-dia), normalmente associado às condições térmicas mais críticas, quanto o período noturno (20h), quando os efeitos de ICUs tendem a ser mais pronunciados.

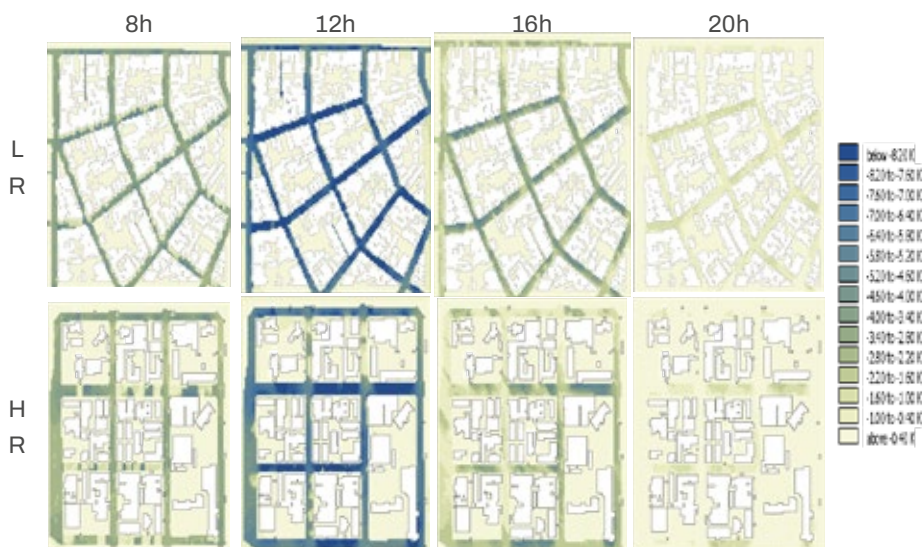
Ao comparar as variações na T_{ar} próximas à superfície, a adoção de pavimentos refletivos promoveu um efeito de arrefecimento de até 1,7 °C às 12h em ambos os bairros. As reduções mais significativas foram observadas durante os períodos de maior incidência solar, em consonância com a atividade óptica do material (albedo = 0,5). Contudo, o efeito de “resfriamento” diminuiu gradualmente ao longo da tarde até praticamente haver equilíbrio entre os cenários PR e CO à noite (20h). Além disso, as diferenças na morfologia urbana entre LR e HR não pareceram exercer influência significativa nos resultados de T_{ar} neste modelo, o que está de acordo com as observações de Sharmin *et al.* Os autores apontaram que, em cenários teóricos de edificações com altura uniforme e de cânions urbanos de alturas variadas, o ENVI-met não foi suficientemente sensível às irregularidades geométricas da forma urbana quando comparado às observações reais.

Figura 11 – Mapas das diferenças absolutas na T_{ar} ($h = 1,4\text{ m}$) entre as simulações PR e CO às 8h, 12h, 16h e 20h



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 12 – Mapas das diferenças absolutas na T_{sup} ($h = 1,4\text{ m}$) entre as simulações PR e CO às 8h, 12h, 16h e 20h



Fonte: Dados da pesquisa.

No que se refere às T_{sup} , o cenário PR alcançou reduções máximas de até 9,6 °C às 12h em ambos os bairros. Essa magnitude de redução é coerente com os resultados de Ribas *et al.*⁵⁶⁹, que relataram a diminuição da T_{sup} entre 5 e 9 °C durante os horários de maior incidência de radiação solar de amostras de corpos de prova de misturas asfálticas usinadas a quente e funcionalizadas com material termocromático (albedo > 0,4) em comparação com superfícies não tratadas em ensaios ao ar livre. Assim como nos resultados de T_{ar} , os efeitos mais pronunciados de arrefecimento da superfície dos pavimentos foram observados durante o período diurno.

O bairro LR apresentou reduções de T_{sup} ligeiramente superiores às observadas em HR, com uma diferença máxima de 0,6 °C. Embora a diferença geral entre os bairros não tenha sido substancial, os efeitos de sombreamento de árvores e de edifícios altos em HR contribuíram para temperaturas ligeiramente mais amenas em algumas vias, conforme observado nos mapas espaciais.

3.5 Impactos da estratégia PR na percepção do conforto térmico

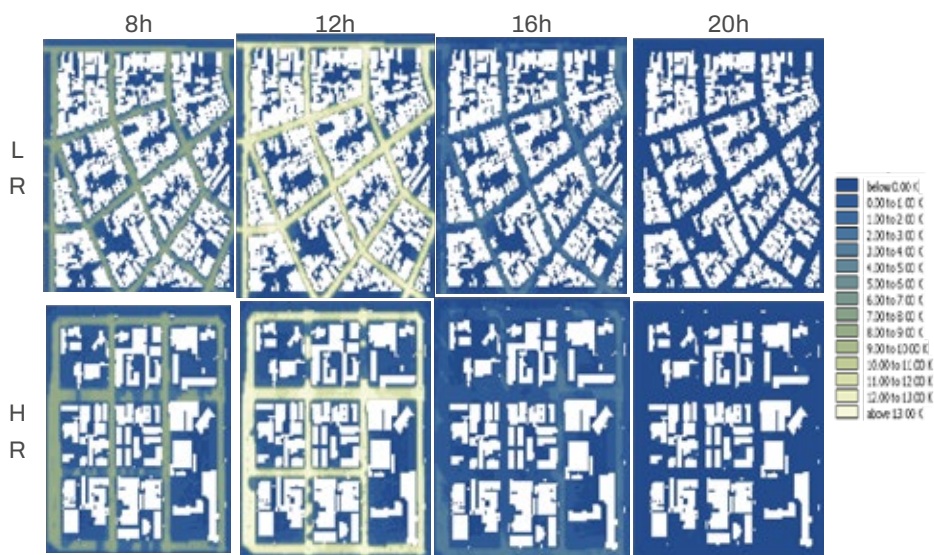
A avaliação da temperatura radiante média (T_{MRT}) é fundamental para a análise do conforto térmico em ambientes externos, especialmente quando se utiliza o índice UTCI, uma vez que a T_{MRT} exerce forte influência sobre a carga térmica percebida pelos pedestres. As diferenças de T_{MRT} entre os cenários de simulação costumam ser mais pronunciadas do que aquelas observadas na temperatura do ar, o que ressalta seu papel crítico nas avaliações microclimáticas.

Conforme apresentado na Figura 13, a T_{MRT} apresenta valores positivos ao longo do dia, indicando que a estratégia de PR aumenta a T_{MRT} em comparação ao cenário CO. Esse aumento atinge seu pico às 12h, durante o período de máxima exposição solar, com diferença de aproximadamente 13 °C em ambos os bairros (LR e HR), especialmente sobre a superfície do pavimento. No entanto, essa diferença se reduz rapidamente até as 16h, caindo para menos de 3 °C. À noite, a diferença entre PR e CO torna-se negativa, devido ao comportamento refletivo da superfície PR, que durante o dia limita a retenção de calor tornando-a ligeiramente mais fria que o CO, cuja superfície absorve e re-irradia calor, elevando a T_{MRT} em cerca de 0,5 °C.

569 RIBAS, Lavinia Virgínia da Silva et al. Assessment of optical-thermal balance and environmental degradation of a thermochromic-coated asphalt mixture for urban heat mitigation. *Road Materials and Pavement Design*, [s. l.], v. 26, n. supl., p. 537-552, maio 2025.

Embora o cenário PR apresente os maiores valores de T_{MRT} devido à forte reflexão da radiação de onda curta em seu entorno, a diferença máxima da T_{MRT} entre os cenários PR e CO reportada por Elmagri, Kamel e Ozer⁵⁷⁰ foi da ordem de 7 °C, valor consideravelmente inferior ao obtido no presente estudo. Essa diferença pode ser atribuída ao menor valor de albedo (0,35) empregado no estudo citado, conduzido em clima semiárido do Arizona-EUA, em comparação ao albedo mais elevado (0,50) adotado neste trabalho, realizado sob clima tropical sul-americano. Em contrapartida, Jia e Wang⁵⁷¹ observaram que pavimentos refletivos com albedo de 0,50 resultaram em um aumento máximo de T_{MRT} de apenas 2,57 °C em clima subtropical úmido de Hong Kong. Esses resultados indicam que o clima e a localização geográfica exercem influência significativa sobre a variável T_{MRT} .

Figura 13 – Mapas das diferenças absolutas da T_{MRT} (h = 1,4 m) entre as simulações PR e CO às 8h, 12h, 16h e 20h



Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 14 apresenta a variação diurna dos valores médios de UTCI para ambos os cenários de simulação, medidos a uma altura de 1,4 m. Conforme ilustrado, os cenários PR exibem padrões diários semelhantes, com valores de UTCI atingindo seu pico por volta das 12h e apresentando os menores valores

570 ELMAGRI, Hasna; KAMEL, Tarek M.; OZER, Hasan. Assessment of the effectiveness of cool pavements on outdoor thermal environment in urban areas. **Building and Environment**, [s. l.], v. 266, n. 112095, dez. 2024.

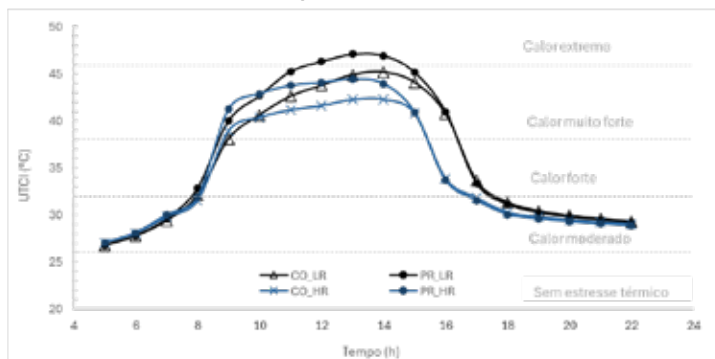
571 JIA, Sigi; WANG, Yuhong. Effect of heat mitigation strategies on thermal environment, thermal comfort, and walkability: A case study in Hong Kong. **Building and Environment**, [s. l.], v. 201, n. 107988, 2021.

em torno das 4h. Durante o período diurno, os valores de UTCI no bairro HR geralmente ultrapassam 32° C, indicando forte probabilidade de desconforto térmico para os pedestres. As condições são ainda mais severas no bairro LR, onde os valores de UTCI variam entre 39,1 °C e 47,6 °C, correspondendo à categoria de “estresse térmico extremo”.

Ao entardecer, os valores de UTCI em HR diminuem significativamente, caindo de aproximadamente 44 °C para valores inferiores a 32 °C, o que representa uma transição do nível de estresse térmico “muito forte” para “moderado”. Em contraste, no bairro LR, o UTCI reduz-se para cerca de 34 °C, permanecendo na faixa de “estresse térmico muito forte”. Durante o período noturno, os valores de UTCI são relativamente mais baixos em ambos os bairros, indicando condições que variam de estresse térmico “moderado” a “ausência” de estresse térmico.

Os resultados podem ser parcialmente explicados pelas diferenças na morfologia urbana e nas condições ambientais de cada bairro. O bairro LR apresenta temperaturas mais elevadas e maior desconforto térmico devido, possivelmente, à presença de ruas mais estreitas e à ausência de espaçamento lateral entre as edificações, o que dificulta a circulação dos ventos e aumenta a absorção da energia refletida pelo pavimento refletivo. Essa configuração urbana contribui para maior retenção de calor ao nível do pedestre. Em contrapartida, embora o bairro HR possua edificações mais altas, sua proximidade com a zona costeira e os efeitos de sombreamento proporcionados pelas construções provavelmente favorecem menores níveis de estresse térmico. Essas diferenças evidenciam como a forma urbana e as condições ambientais locais podem influenciar a percepção do conforto térmico. Além disso, tais disparidades podem refletir desigualdades socioeconômicas subjacentes, uma vez que bairros com menores IDH tendem a estar mais expostos a condições microclimáticas adversas, levantando questões relevantes relacionadas à justiça climática.

Figura 14 – Perfis diurnos do UTCI para todos os cenários simulados no ENVI-met



Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 15 compara as diferenças absolutas do UTCI entre os cenários PR e CO às 8h, 12h, 16h e 20h. As maiores diferenças ocorrem sobre as superfícies pavimentadas, especialmente ao meio-dia, com aumentos máximos de UTCI de aproximadamente 2,6 °C em ambos os bairros (LR e HR). No meio da tarde (16h), essa diferença diminui acentuadamente para cerca de 0,5 °C. Durante o período diurno, os valores de UTCI são consistentemente mais elevados no cenário PR, indicando aumento do desconforto térmico para os pedestres. Esse efeito decorre principalmente da alta refletividade solar do pavimento refletivo sob intensa radiação solar, que reflete uma parcela maior da radiação de onda curta incidente. Além disso, o modelo ENVI-met apresenta limitações na simulação das variações temporais da velocidade do vento, em razão dos parâmetros estáticos de inicialização⁵⁷², o que provavelmente impacta negativamente os resultados de UTCI.

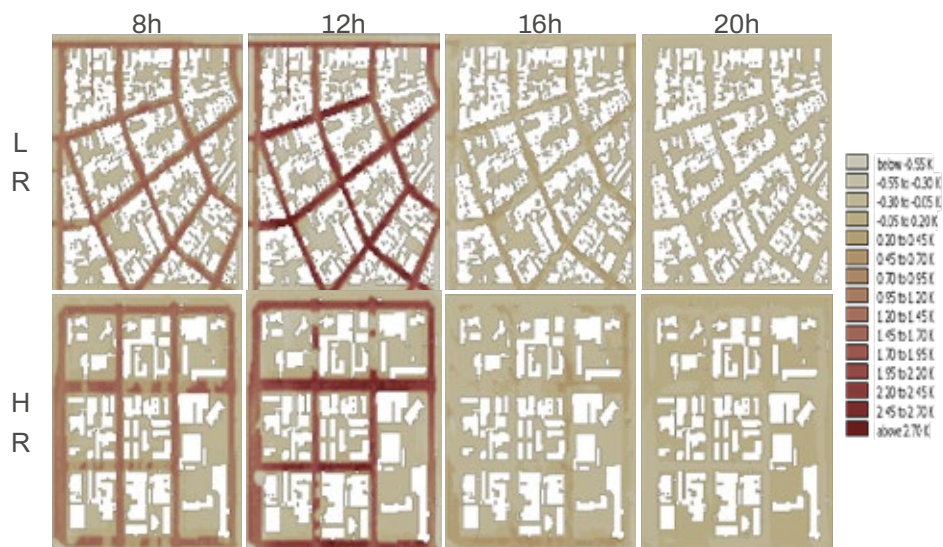
Após o pôr do sol, entretanto, observa-se uma inversão: os valores de UTCI no cenário RP tornam-se ligeiramente inferiores aos do cenário CO, com uma diferença máxima de -0,17 °C, sugerindo uma leve melhora no conforto térmico sob condições noturnas. Contudo, esses resultados são menos favoráveis do que os relatados por Elmagri, Kamel e Ozer⁵⁷³, que observaram reduções noturnas do UTCI de até 0,9 °C com a aplicação de pavimentos refletivos quando comparados aos pavimentos convencionais no clima árido do Arizona. Uma possível explicação para essa discrepância reside no clima tropical de Fortaleza, onde as temperaturas noturnas elevadas persistem, limitando os benefícios de resfriamento proporcionados por materiais refletivos. Ademais, conforme observado por Elmagri, Kamel e Ozer⁵⁷⁴, embora os pavimentos de alto albedo possam reduzir as temperaturas superficiais e contribuir para a melhoria da qualidade do ar ao diminuir a formação de ozônio em nível do solo, eles também podem afetar negativamente o conforto térmico dos pedestres sob intensa carga solar, aumentando a quantidade de radiação refletida absorvida pelo corpo humano.

572 TSOKA, S.; TSICALOUDAKI, A.; THEODOSIOU, T. Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications: A review. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 23, p. 55-76, nov. 2018.

573 ELMAGRI, Hasna; KAMEL, Tarek M.; OZER, Hasan. Assessment of the effectiveness of cool pavements on outdoor thermal environment in urban areas. **Building and Environment**, [s. l.], v. 266, n. 112095, dez. 2024.

574 ELMAGRI, Hasna; KAMEL, Tarek M.; OZER, Hasan. Assessment of the effectiveness of cool pavements on outdoor thermal environment in urban areas. **Building and Environment**, [s. l.], v. 266, n. 112095, dez. 2024.

Figura 15 – Mapas das diferenças absolutas no UTCI (h = 1,4 m) entre as simulações PR e CO às 8h, 12h, 16h e 20h



Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados evidenciam que, embora as estratégias de pavimentos refletivos sejam eficazes na redução das T_{sup} e T_{ar} , trazendo benefícios potenciais para a durabilidade do pavimento, a eficiência energética e a regulação térmica urbana, sua aplicação deve ser cuidadosamente avaliada no contexto urbano. Ainda que a menor temperatura das superfícies possa mitigar o estresse térmico sobre a infraestrutura e contribuir para melhores condições microclimáticas, o aumento da refletividade durante as horas de maior insolação pode, inadvertidamente, intensificar o desconforto térmico dos pedestres ao elevar a T_{MRT} .

Portanto, estratégias com pavimentos refletivos devem ser combinadas com outras medidas mitigadoras da T_{MRT} sobre o corpo humano. O uso de árvores, conforme relatado por Jia e Wang⁵⁷⁵, constitui uma estratégia complementar eficaz, pois proporciona sombreamento que reduz a exposição direta à radiação e melhora o conforto térmico dos pedestres, além de oferecer benefícios adicionais, como melhoria da qualidade do ar e da ambiência urbana. Dessa forma, a implementação dessas estratégias deve ser planejada de maneira estratégica, considerando a morfologia urbana, os padrões de exposição dos pedestres e as condições climáticas, a fim de assegurar um equilíbrio entre a resiliência da infraestrutura e o conforto térmico humano.

575 JIA, Sigi; WANG, Yuhong. Effect of heat mitigation strategies on thermal environment, thermal comfort, and walkability: A case study in Hong Kong. **Building and Environment**, [s. l.], v. 201, n. 107988, 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial de superfícies pavimentadas refletivas de alto albedo como estratégia de mitigação do calor em ambientes urbanos, utilizando como estudo de caso a cidade de Fortaleza, Brasil. Inicialmente, a classificação das LCZs e a análise das anomalias de temperatura, realizada por meio do pacote LCZ4r, permitiram uma compreensão espacial detalhada da variabilidade térmica intraurbana. Em seguida, o estudo concentrou-se em compreender como a aplicação da solução de pavimento refletivo afeta a temperatura da superfície, a temperatura do ar próximo à superfície e o conforto térmico em condições típicas de verão em clima tropical. As simulações foram conduzidas com o modelo ENVI-met, complementadas por cálculos do UTCI por meio da ferramenta BioMet.

Durante o período diurno, as áreas classificadas como LCZ 3 (compacta de baixa elevação) e LCZ 6 (aberta de média elevação) apresentaram anomalias de temperatura positivas de +1,8 °C e +1,0 °C, respectivamente, indicando maior carga térmica em zonas densamente construídas. Em contrapartida, as LCZ 11 (vegetação densa) e LCZ 10 (área industrial) exibiram anomalias negativas de -2,0 °C e -1,4 °C, refletindo maior potencial de arrefecimento. No período noturno, o efeito das ICUs tornou-se mais evidente, com retenção de calor persistente observada na LCZ 4 (aberta de alta elevação). Embora a diferença de temperatura entre as zonas mais quentes à noite tenha alcançado até 0,5 °C, esses resultados reforçam a importância da forma urbana na modulação da dissipação de calor e na resiliência ao estresse térmico noturno. As conclusões deste estudo evidenciam como a morfologia urbana e a cobertura do solo influenciam significativamente a distribuição espacial e temporal das temperaturas do ar na cidade.

Os resultados demonstraram que os pavimentos refletivos de alto albedo são eficazes na redução das temperaturas superficiais, alcançando reduções máximas de até 9,6 °C, e na diminuição das temperaturas do ar em até 1,7 °C durante os períodos de maior radiação solar. Esses efeitos foram consistentes entre bairros com diferentes morfologias urbanas, o que sugere um potencial de mitigação robusto. No entanto, ao se avaliar o conforto térmico, a estratégia apresentou um comportamento mais complexo: embora tenha proporcionado leve melhora no conforto durante o período noturno, aumentou o estresse térmico dos pedestres durante o dia, em decorrência do aumento das temperaturas radiantes médias, resultante da maior refletividade.

Esses achados reforçam que, embora as tecnologias de pavimentos refletivos ofereçam vantagens ambientais e relacionadas à infraestrutura, como o aumento potencial da durabilidade do pavimento e a redução do efeito ICUs,



sua implementação deve ser realizada de forma estratégica, especialmente em climas tropicais. O conforto térmico dos pedestres deve constituir um elemento central no planejamento urbano, sobretudo em áreas densamente povoadas e socioeconomicamente vulneráveis, nas quais o equilíbrio entre os benefícios ambientais e o bem-estar humano se torna essencial.

Pesquisas futuras devem explorar a integração de pavimentos refletivos com outras medidas mitigadoras, como vegetação, dispositivos de sombreamento e superfícies permeáveis, a fim de avaliar possíveis sinergias. Além disso, são necessários monitoramentos de longo prazo e experimentos em campo para validar os resultados das simulações e compreender de forma mais precisa o comportamento desses materiais sob condições atmosféricas reais, a fim de investigar, também, as implicações sociais e espaciais da aplicação dessas estratégias em cidades com disparidades acentuadas, contribuindo para o avanço das discussões sobre justiça climática no planejamento urbano.

REFERÊNCIAS

ANJOS, Max *et al.* LCZ4r package R for local climate zones and urban heat islands. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 15, n. 7710, mar. 2025. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-92000-0>. Acesso em: 20 mar. 2026.

BECHTEL, Benjamin *et al.* Generating WUDAPT Level 0 data: Current status of production and evaluation. **Urban Climate**, [s. l.], v. 27, p. 24-45, mar. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221209551830302X>. Acesso em: 20 mar. 2026.

BLAZEJCZYK, Krzysztof. *et al.* Comparison of UTCI to selected thermal indices. **International Journal of Biometeorology**, [s. l.], v. 56, n. 3, p. 515-535, maio 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21614619/>. Acesso em: 20 mar. 2026.

DEMUZERE, Matthias; KITTNER, Jonas; BECHTEL, Benjamin. LCZ Generator: A Web Application to Create Local Climate Zone Maps. **Frontiers in Environmental Science**, [s. l.], v. 9, abr. 2021. Disponível

em: <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2021.637455/full>. Acesso em: 20 mar. 2026.

DETOMMASO, Maurizio; COSTANZO, Vincenzo; NOCERA, Francesco. Application of weather data morphing for calibration of urban ENVI-met microclimate models. Results and critical issues. **Urban Climate**, [s. l.], v. 38, n. 100895, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095521001255?via%3Dihub>. Acesso em: 21 mar. 2026.

DIMITROV, Stelian; POPOV, Anton; ILIEV, Martin. An Application of the LCZ Approach in Surface Urban Heat Island Mapping in Sofia, Bulgaria. **Atmosphere**, [s. l.], v. 12, n. 11, p. 1370, out. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/11/1370>. Acesso em: 20 mar. 2026.

DU, Ruiging; LIU, Chun-Ho; LI, Xian-Xiang. A new method for detecting urban morphology effects on urban-scale air temperature and building energy consumption under mesoscale meteorological conditions. **Urban Climate**, [s. l.], v. 53, n. 101775, jan. 2024. Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024UrbCl..5301775D/abstract>. Acesso em: 20 mar. 2026.

ELMAGRI, Hasna; KAMEL, Tarek M.; OZER, Hasan. Assessment of the effectiveness of cool pavements on outdoor thermal environment in urban areas. **Building and Environment**, [s. l.], v. 266, n. 112095, dez. 2024. Disponível em: <https://asu.elsevierpure.com/en/publications/assessment-of-the-effectiveness-of-cool-pavements-on-outdoor-ther/>. Acesso em: 20 mar. 2026.

ERELL, Evyatar; PEARLMUTTER, David; WILLIAMSON, Terence. **Urban Microclimate: Designing the Spaces Between Buildings**. London: Taylor & Francis, 2011. v. 1.

GRIMMOND, Sue. Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. **The Geographical Journal**, [s. l.], v. 173, n. 1, p. 83-88, mar. 2007. Disponível em: <https://coolrooftoolkit.org/wp-content/uploads/2012/04/Sue-Grimmond.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022: resultados preliminares**. Brasília, DF: IBGE, 2023. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/?localidade=BR>. Acesso em: 20 mar. 2026.



INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (PECE). **Portal de Mapas e Dados do IPECE**. 2024. Disponível em: <https://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/interface/gm.phtml>. Acesso em: 20 mar. 2026.

JIA, Sigi; WANG, Yuhong. Effect of heat mitigation strategies on thermal environment, thermal comfort, and walkability: A case study in Hong Kong. **Building and Environment**, [s. l.], v. 201, n. 107988, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132321003929>. Acesso em: 20 mar. 2026.

KARLESSI, Theoni *et al.* Development and testing of thermochromic coatings for buildings and urban structures. **Solar Energy**, [s. l.], v. 83, n. 4, p. 538-551, abr. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X08002569?via%3Dihub>. Acesso em: 20 mar. 2026.

KOTHARKAR, Rajashree; BAGADE, Anurag; SINGH, Pranjali Raj. A systematic approach for urban heat island mitigation strategies in critical local climate zones of an Indian city. **Urban Climate**, [s. l.], v. 34, p. 100701, dez. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095520300547>. Acesso em: 20 mar. 2026.

KOWALSKI, Luiz Fernando; LOPES, Antonio Manuel Saraiva; MASIERO, Érico. Integrated effects of pavement simulation models and scale differences on the thermal environment of tropical cities: physical and numerical modeling experiments. **City and Built Environment**, [s. l.], v. 2, n. 9, p. 1-26, ago. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ulisboa.pt/bitstreams/4cf9df3d-b4fd-404b-b156-4f850c04da5c/download>. Acesso em: 20 mar. 2026.

KYRIAKODIS, Georgios-Efstathios; SANTAMOURIS, Mat. Using reflective pavements to mitigate urban heat island in warm climates: Results from a large scale urban mitigation project. **Urban Climate**, [s. l.], v. 24, p. 326-339, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095517300081?via%3Dihub>. Acesso em: 20 mar. 2026.

LIMA JUNIOR, Antonio Ferreira; GOMES, Flávia Ingrid Bezerra Paiva; ZANELLA, Maria Elisa. O Índice de Calor (HI) na cidade de Fortaleza, Ceará. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 37, n. 1, e73091, dez. 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/>

[sn/a/7ktFyP7HNRPszcM9pk8ktmG/?format=pdf&lang=pt](https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/80373/50922). Acesso em: 20 mar. 2026.

LIMA JÚNIOR, Antonio Ferreira; RIBEIRO, Isabel; AMORIM, Jorge Humberto. Parques urbanos e ilhas de frescor. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 45, p. 1-26, e80373, ago. 2024. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/80373/50922>. Acesso em: 20 mar. 2026.

LIU, Dalong; HU, Songshu; LIU, Jiaping. Contrasting the performance capabilities of urban radiation field between three microclimate simulation tools. **Building and Environment**, [s. l.], v. 175, n. 106789, maio 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132320301475?via%3Dihub>. Acesso em: 20 mar. 2026.

MASSON-DELMOTTE, Valérie *et al.* **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [S. l.]: IPCC, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: 20 mar. 2026.

MOURA, Marcelo de Oliveira; ZANELLA, Maria Elisa; SALES, Marta Celina Linhares. Ilhas térmicas na cidade de Fortaleza/CE. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 28, n. 2, p. 33-44, 2008. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/5718/4523>. Acesso em: 20 mar. 2026.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agenda 2030: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. Nova Iorque: ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 15 ago. 2024.

PETALAS, Kety Vasconcelos; MOTA, Francisco Suetônio Bastos. Avaliação das condições bioclimáticas da região costeira do nordeste brasileiro: o município de Fortaleza/CE. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 13, n. 9, p. 185-201, 2013. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/34904/22589>. Acesso em: 20 mar. 2026.

PIGLIAUTILE, Ilaria *et al.* Inter-building assessment of urban heat island mitigation strategies: Field tests and numerical modelling in a simplified-geometry experimental set-up. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 147, p. 1663-1675, 2020. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/renene/v147y2020ip1p1663-1675.html>. Acesso em: 20 mar. 2026.



RAHMANI, Neshat; SHARIFI, Ayyoob. Comparative Analysis of the Surface Urban Heat Island (SUHI) Effect Based on the Local Climate Zone (LCZ) Classification Scheme for Two Japanese Cities, Hiroshima, and Sapporo. **Climate**, v. 11, n. 7, p. 142, jul. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2225-1154/11/7/142>. Acesso em: 20 mar. 2026.

RIBAS, Lavínia Virgínia da Silva *et al.* Assessment of optical-thermal balance and environmental degradation of a thermochromic-coated asphalt mixture for urban heat mitigation. **Road Materials and Pavement Design**, v. 26, n. supl., p. 537-552, maio 2025. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14680629.2025.2482846>. Acesso em: 20 mar. 2026.

ROCHA SEGUNDO, Iran Gomes da *et al.* Review and analysis of advances in functionalized, smart, and multifunctional asphalt mixtures. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 151, p. 111552, nov. 2021. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v151y2021ics1364032121008303.html>. Acesso em: 20 mar. 2026.

ROSSI, Stefano; SIMEONI, Matteo; QUARANTA, Alberto. Behavior of chromogenic pigments and influence of binder in organic smart coatings. **Dyes and Pigments**, [s. l.], v. 184, n. 108879, jan. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014372082031576X?via%3Dihub>. Acesso em: 20 mar. 2026.

SAADEH, Shadih *et al.* Application of fully permeable pavements as a sustainable approach for mitigation of stormwater runoff. **International Journal of Transportation Science and Technology**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 338-350, dez. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2046043018301205?via%3Dihub>. Acesso em: 20 mar. 2026.

SANTAMOURIS, Mat *et al.* Using cool paving materials to improve microclimate of urban areas: Design realization and results of the flisvos project. **Building and Environment**, [s. l.], v. 53, p. 128-136, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132312000376?via%3Dihub>. Acesso em: 20 mar. 2026.

SANTAMOURIS, Mat. Cooling the cities: A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. **Solar Energy**, [s. l.], v. 103, p. 682-703, maio

2014. Disponível em: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/publications/cooling-the-cities-green-roof-mitigation-technologies-to-fight-heat-island-and-improve-comfort/11238649/@download/file/11238649.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2026.

SEN, Sushoban *et al.* Cool pavement strategies for Urban Heat Island mitigation in Suburban Phoenix, Arizona. **Sustainability**, Switzerland, v. 11, n. 16, ago. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/16/4452>. Acesso em: 20 mar. 2026.

STEWART, Ian Douglas; OKE, Timothy Richard. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, [s. l.], v. 93, n. 12, p. 1879-1900, dez. 2012. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/93/12/bams-d-11-00019.1.xml>. Acesso em: 20 mar. 2026.

SYNNEFA, Athina; SANTAMOURIS, Mat; LIVADA, Ioanna. A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment. **Solar Energy**, [s. l.], v. 80, n. 8, p. 968-981, ago. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X05002975?via%3Dihub>. Acesso em: 20 mar. 2026.

TALEGHANI, Mohammed *et al.* The impact of heat mitigation strategies on the energy balance of a neighborhood in Los Angeles. **Solar Energy**, [s. l.], v. 177, p. 604-611, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X18311411?via%3Dihub>. Acesso em: 20 mar. 2026.

TAVARES, Silvia G.; ABUSEIF, Majed; DUPRÉ, Karine. Urban Heat Mitigation in a Tropical Climate: A Computer Simulation-Based Study in Townsville, Australia. **City and Environment Interactions**, [s. l.], v. 27, n. 100211, ago. 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259025202500025X?via%3Dihub>. Acesso em: 20 mar. 2026.

TSOKA, Stella; TSIKALOUDEKI, Katerina; THEODOSIOU, Theodoros. Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and assessing cool materials and urban vegetation applications: A review. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 23, p. 55-76, nov. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670718307649>. Acesso em: 20 mar. 2026.

UNIVERSITY OF WYOMING. **University of Wyoming Atmospheric Science Radiosonde Archive**. Laramie: University of Wyoming, [2025?]. Disponível em: <https://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.shtml>. Acesso em: 11 mar. 2026.

WANG, Ran *et al.* Mapping the local climate zones of urban areas by GIS-based and WUDAPT methods: A case study of Hong Kong. **Urban Climate**, [s. l.], v. 24, p. 567-576, jun. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095517300809>. Acesso em: 21 mar. 2026.

WANG, Yupeng; BERARDI, Umberto; AKBARI, Hashem. Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 114, p. 2-19, fev. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037877881530075X?via%3Dihub>. Acesso em: 21 mar. 2026.

XU, Ling *et al.* Potential strategies to mitigate the heat island impacts of highway pavement on megacities with considerations of energy uses. **Applied Energy**, [s. l.], v. 281, n. 116077, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261920315051?via%3Dihub>: Acesso em: 21 mar. 2026.

ZEESHAN, Muhammad; ALI, Zaib. Heat stress mitigation in urban streets having hot humid climatic conditions: Strategies and performance results from a real scale retrofitting project. **Science and Technology for the Built Environment**, [s. l.], v. 28, n. 4, p. 513-526, 2022. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23744731.2022.2040322>. Acesso em: 21 mar. 2026.

ZHANG, Xue *et al.* Laboratorial Investigation on Optical and Thermal Properties of Thermochromic Pavement Coatings for Dynamic Thermoregulation and Urban Heat Island Mitigation. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 83, n. 103950, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670722002712?via%3Dihub>. Acesso em: 21 mar. 2026.



DESENVOLVIMENTO DE UM BIOPLÁSTICO A PARTIR DA MUCILAGEM DO XIQUE-XIQUE (*PILOSOCEREUS GOUNELLEI*)

Maria Orlanilda Sousa de Araujo⁵⁷⁶

Thiago Fernandes da Silva⁵⁷⁷

Resumo: A crescente preocupação com os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de plásticos convencionais tem impulsionado a busca por alternativas sustentáveis, como os bioplásticos. Assim, este estudo teve como objetivo analisar o desenvolvimento de biofilmes biodegradáveis a partir da mucilagem do cacto xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), combinada com ágar-ágar, glicerol, cera de carnaúba e bentonita sódica, a fim de também avaliar suas propriedades físicas e químicas. A metodologia incluiu a extração da mucilagem do xique-xique e a preparação dos biofilmes utilizando a técnica de *gel-casting*. Quatro formulações distintas foram testadas, variando as concentrações dos componentes. O bioplástico foi caracterizado quanto à solubilidade em água e espessura, além de serem avaliados visualmente. Os resultados indicaram que a adição de glicerol melhorou a flexibilidade do bioplástico, enquanto a cera de carnaúba e a bentonita sódica reduziram a solubilidade. O bioplástico enriquecido com bentonita apresentou o melhor desempenho, com menor solubilidade (35%) e boa maleabilidade, destacando-se como o mais promissor. No entanto, concentrações inadequadas de

576 Engenheira Ambiental e Sanitarista formada pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Foi bolsista do Programa de Iniciação à Docência (PID), atuando como monitora das disciplinas de Física Geral I e Física Geral II. Em 2023, participou como voluntária do Startup Ambiente Palpável – Economia circular na sua mesa. Também foi bolsista do projeto BPI da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), intitulado “Avaliação da poluição ambiental causada por lixões utilizando uma abordagem integrada”. Atualmente, é mestranda em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos na UFC.

577 Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e Mestrado e Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental pela UFCG. Atualmente, é professor de magistério superior da Universidade Federal do Ceará (UFC). É bolsista de produtividade em pesquisa da FUNCAP/CE. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Geotecnia, atuando principalmente nos seguintes temas: geotecnia ambiental, projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários, comportamento hidromecânico de solos compactados, solos não saturados.



cera de carnaúba ou plastificantes resultaram em filmes quebradiços e com aparência heterogênea. Conclui-se que a mucilagem do xique-xique é uma matéria-prima promissora para bioplásticos. Contudo, estudos adicionais são necessários para otimizar as formulações, incluindo testes de resistência mecânica, propriedades de barreira e absorção de água, visando ampliar a aplicabilidade desses materiais no mercado sustentável.

INTRODUÇÃO

Os plásticos sintéticos, especialmente os que são provenientes do polímero polietileno, derivados do petróleo, apresentam grande maleabilidade, tais como leveza, custo acessível, resistência e facilidade de moldagem, tornando-se amplamente produzidos globalmente. No entanto, embora apresentem vantagens, o consumo desenfreado desses polímeros se tornou um problema socioambiental. As fontes de matéria-prima para a fabricação desses plásticos são finitas e o descarte inadequado gera sérios problemas ambientais e sociais, devido à sua lenta degradação. O consumo de plástico aumentou quatro vezes nos últimos 30 anos, impulsionado por mercados emergentes. Entre 2000 e 2019, a produção mundial de plásticos dobrou, chegando a 460 milhões de toneladas, sendo responsável por 3,4% das emissões globais de gases de efeito estufa⁵⁷⁸.

Assim, essa problemática tem impulsionado a busca por soluções alternativas no mercado industrial e comercial. Contudo, essa transição para um modelo produtivo mais sustentável deve ser conduzida sob uma perspectiva inclusiva e justa, que assegure a equidade social e econômica no processo. Nesse contexto, o desenvolvimento de bioplásticos a partir de biopolímeros emerge como uma alternativa promissora, alinhando a inovação tecnológica à minimização de impactos ambientais e à criação de cadeias de valor mais sustentáveis e inclusivas⁵⁷⁹.

Segundo a *European Bioplastics*, um filme plástico é considerado bioplástico quando é derivado de fontes biológicas, é biodegradável ou possui ambas as características. Esses materiais englobam uma variedade de compostos com propriedades e usos diversos⁵⁸⁰.

578 ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Plastic pollution is growing relentlessly as waste management and recycling fall short, says OECD**. 2022.

579 TERZOPOULOU, Zoi; BIKIARIS, Dimitrios N. Biobased plastics for the transition to a circular economy.

Materials Letters, [s. l.], v.362, p. 136174, fev. 2024.

580 EUROPEAN BIOPLASTICS. **What are bioplastics?** 2024.

Os polímeros de base biológica, conhecidos como bioplásticos, estão sendo desenvolvidos como alternativas viáveis para os plásticos petroquímicos. Eles conservam as características benéficas desses materiais, enquanto facilitam a transição para uma economia circular⁵⁸¹.

Dentre os biomateriais usados na produção de bioplásticos, está a mucilagem presente na polpa dos cactos. A mucilagem é um polissacarídeo complexo que possui capacidade de estabilização, emulsão, formação de espuma e atua como um bom plastificante, além da formação de gel⁵⁸². Herrera-Ibarra *et al.*⁵⁸³ realizaram estudos com a palma forrageira (*Opuntia ficus*), um cacto rico em mucilagem, para verificar a viabilidade da aplicação como matéria-prima em um fio cirúrgico plástico. O trabalho foi considerado eficaz, já que o biofilme produzido se mostrou flexível, maleável e com baixa solubilidade em água.

Para aprimorar as propriedades da mucilagem, é comum a incorporação de aditivos na matriz do bioplástico. Materiais como ágar, cera de carnaúba (*Copernifera prunifera*) e argilas ionicamente modificadas, por exemplo, são frequentemente adicionados. Esses compostos atuam na melhoria das propriedades mecânicas do bioplástico, além de reduzir a sua hidrofobicidade^{584,585,586}.

Tendo por base esses aspectos, o cacto xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) é interessante devido à alta quantidade de mucilagem em seu caule e sua capacidade de reprodução em ambientes áridos e semiáridos, sem a necessidade de uso de grandes quantidades de água e fertilizantes para seu cultivo. Tais características permitem a valorização de recursos da biodiversidade local e o desenvolvimento de novas cadeias produtivas que promovem a inclusão e o fortalecimento socioeconômico de regiões rurais⁵⁸⁷.

Dessa forma, este estudo tem como objetivo geral analisar o desenvolvimento de um biofilme, utilizando a mucilagem obtida do caule do xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), cera de carnaúba (*Copernifera prunifera*), ágar e montmorilonita. Como objetivos específicos, tem-se: analisar a viabilidade do uso

581 BISHOP, George; STYLES, David; LENS, Pie. Environmental performance comparison of bioplastics and petrochemical plastics: A review of life cycle assessment (LCA) methodological decisions. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v.168, n. 105451, 2021.

582 GARCÍA-BARRADAS, Oscar *et al.* Chemical modification of *Opuntia ficus-indica* mucilage: characterization, physicochemical, and functional properties. **Polymer Bulletin**, Alemanha, v. 80, p. 8783-8798, 2022.

583 HERRERA-IBARRA, Evely *et al.* Preparation of Surgical Thread from a Bioplastic Based on Nopal Mucilage. **Polymers**, [s. l.], v. 15, n.9, p.2112, 2023.

584 XAVIER, Tálisson Davi Norberto *et al.* Filmes biopoliméricos baseados em fécula, quitosana e cera de carnaúba e suas propriedades. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 4, p. 1-12, jan. 2020.

585 GARRIDO, Murillo Alves *et al.* Filmes biodegradáveis de gelatina incorporados com argila bentonita ionicamente modificada. **Revista Verde**, Pombal, v. 16, n. 2, p. 182-188, 2021.

586 AGUSMAN, Fransiska D. *et al.* Physical properties of bioplastic agar/chitosan blend. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, [s. l.], v. 978, n. 12046, 2022.

587 VIEIRA, Érica de Andrade *et al.* Mucilages of cacti from Brazilian biodiversity: Extraction, physicochemical and technological properties. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 346, 2021.



do xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) como matéria-prima de um bioplástico; testar diferentes concentrações de matéria-prima e determinar a aplicabilidade do bioplástico do xique-xique (*Pilosocereus gounellei*).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Os biofilmes foram produzidos com caules do xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) coletados no interior da cidade de Crateús/CE, ágar-ágar da Comercial Elmar LTDA., cera de carnaúba (*Copernifera prunifera*) da QuimisulSC Brasil LTDA., glicerina da Loja Farmax e bentonita sódica da jazida no município de Boa Vista/PB.

2.2 Métodos: extração da mucilagem do cacto xique-xique (*Pilosocereus gounellei*)

Para a extração da mucilagem, foi adotado um procedimento adaptado do método utilizado por Magalhães e Almeida⁵⁸⁸. Dessa forma, retirou-se os espinhos do cacto e foi feita a higienização com água e hipoclorito de sódio. Posteriormente, separou-se as cascas para a extração da mucilagem. Assim, foram utilizados 2 caules de *Pilosocereus gounellei*, de aproximadamente 30 cm. As cascas foram retiradas e imersas em água na proporção de 1:3. A mistura foi deixada em repouso à temperatura ambiente por um período de 2 dias. Após 48 horas, a mucilagem do cacto foi extraída por filtração.

2.3 Preparação da montmorilonita

A fim de viabilizar a incorporação da montmorilonita na matriz do bioplástico, foi necessário modificar sua estrutura por meio de um processo de troca iônica. Para isso, adotou-se uma adaptação do método descrito por Pereira, Rodrigues e Valenzuela-Días⁵⁸⁹, visando à obtenção de um material

588 MAGALHÃES, Ana Cristina Tinoco Verçosa de; ALMEIDA, Jaime Gonçalves de. O uso da mucilagem de cacto em pastas de gesso: efeitos na absorção de água e na resistência à flexão estática. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 139-151, 2010.

589 PEREIRA, Kleberson Ricardo de Oliveira; RODRIGUES, Meire Gláucia Ferreira; DÍAZ-VALENZUELA, Francisco Rolando. Síntese e caracterização de argilas organofílicas: comparação no uso de dois métodos. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, v. 2, p. 1-8, 2007.

com características organofílicas, facilitando sua dispersão na fase polimérica. O procedimento experimental seguiu uma sequência específica de etapas, descritas a seguir:

1. Preparação de dispersão aquosa a 4% em peso de argila;
2. Agitação mecânica e adição do sal quaternário de amônio (cloreto de alquil benzil dimetil amônio) na proporção de 100 meq/100 g argila;
3. Repouso em temperatura ambiente por 24 h;
4. Filtragem comum e secagem a 60 °C.

2.4 Preparação das amostras

Foram preparadas quatro formulações de biofilmes, variando as concentrações dos componentes para avaliar o impacto nas propriedades finais do material. Assim, a composição da amostra inicial foi definida de acordo com um estudo feito por Ortíz e Arce⁵⁹⁰, no qual foram elaborados biofilmes a partir da mucilagem do cacto nopal (*Opuntia ficus-indica*). As demais amostras foram definidas de acordo com testes preliminares, relativos à capacidade de dissolução do ágar-ágar e flexibilidade dos filmes obtidos.

Os biofilmes foram preparados utilizando a técnica de *gel-casting*, conforme descrito por González *et al.*⁵⁹¹ Para as amostras com cera de carnaúba (*Copernifera prunifera*), o ágar-ágar foi dissolvido em água com agitação constante. Em seguida, adicionou-se a mucilagem do xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) e a glicerina líquida. A cera de carnaúba foi dispersa em meio aquoso com um emulsificante e aquecida separadamente antes de ser misturada à solução principal. A mistura final foi aquecida novamente com agitação constante, vertida em placas de Petri e seca em estufa a uma temperatura controlada.

Para a amostra com a montmorilonita ionicamente modificada, o ágar-ágar foi misturado com a montmorilonita e dissolvido em água com agitação constante. Em seguida, adicionou-se a mucilagem do xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) e a glicerina líquida.

A solução foi aquecida em banho-maria até a completa dissolução do ágar-ágar, submetida novamente à agitação constante e, em seguida, vertida em placas de Petri para secagem em estufa a temperatura controlada.

590 ORTIZ, Sonia Patricia; ARCE, María Magdalena. **Producción y Caracterización de Películas de Biopolímero de Nopal *Opuntia ficus-indica* (L.)**. [S. l.]: [s. n.], 2019.

591 GONZALEZ, Jazmín; ESCOBAR, Diana Marcela; OSSA, Claudia Patricia. Producción y caracterización de cuerpos porosos de hidroxipatita sintética. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**, Medellín, n. 43, p. 59-66, 2008.

2.5 Caracterização dos filmes

2.5.1 Solubilidade em água

Para determinar a solubilidade do bioplástico, foi adotado um procedimento adaptado do método utilizado por Oliveira *et al.*⁵⁹². Assim, a solubilidade do bioplástico foi determinada pela quantidade de matéria seca dissolvida após 24 horas de imersão em água. Dessa forma, seguiu-se os seguintes passos:

1. Os filmes obtidos por foram cortados em tamanhos de 2 cm x 2 cm, como mostra a Figura 1, secos em estufa a $60 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 horas e pesados (massa inicial – MI);
2. Em seguida, foram imersos em 50 mL de água em temperatura ambiente por 24 horas;
3. Após a imersão, os discos foram retirados, secos nas mesmas condições e pesados novamente (massa final – MF), para determinar a matéria seca não solubilizada;
4. Foram realizadas duas réplicas de cada biofilme, e a solubilidade em água foi calculada conforme a Equação 1.

$$S(\%) = \frac{mi - mf}{mi} * 100 \quad (1)$$

Onde:

mi = massa inicial;

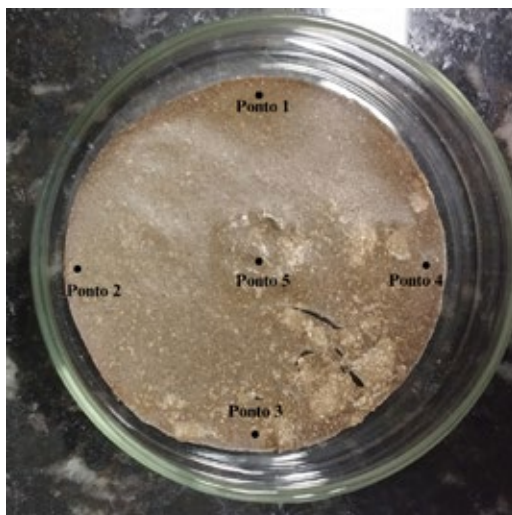
mf = massa final.

2.5.2 Espessura

A espessura do biofilme foi determinada por meio de um micrômetro, com medições realizadas em cinco pontos distintos de cada amostra, conforme ilustrado na Figura 1. Essas medições foram conduzidas para garantir uma avaliação representativa da variação na espessura do material. Após a obtenção dos valores, foi calculada a média aritmética dos resultados e o desvio padrão.

592 OLIVEIRA, Victor Rafael Leal *et al.* Evaluation of Biopolymeric Films of Cassava Starch with Incorporation of Clay Modified by Ionic Exchange and its Application as a Coating in a Fruit. **Materials Research**, [s. l.], v. 20, p. 758-766, 2017.

Figura 1 – Disposição dos pontos de leitura em uma das amostras de biofilme



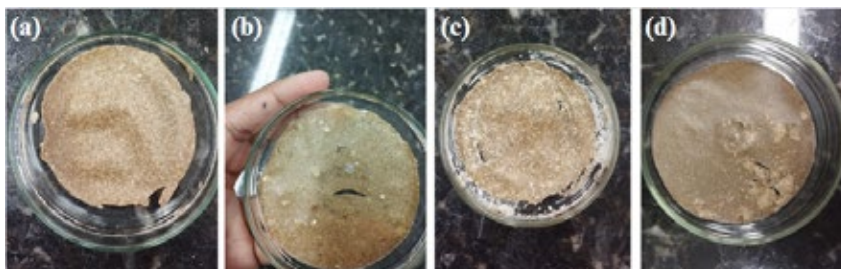
Fonte: Acervo da autora.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Aspectos visuais

A Figura 2 apresenta os bioplásticos produzidos a partir de diferentes composições de materiais, destacando as variações observadas em sua estrutura física. Essas diferenças estruturais são diretamente influenciadas pelas formulações empregadas, uma vez que a proporção e o tipo de cada componente afetam propriedades como textura, homogeneidade e integridade mecânica.

Figura 2 – Biofilmes da mucilagem do xique-xique (*Pilosocereus gounellei*)



Fonte: Acervo da autora.

Os biofilmes, quando preparados com um percentual otimizado de plastificante e cera de carnaúba (ver Figuras 2a e 2b), mostraram-se contínuos, homogêneos e maleáveis. Em contrapartida, formulações com concentrações não ideais desses componentes (ver Figura 2c) resultaram em filmes quebradiços, com aparência heterogênea e de difícil manipulação. O biofilme enriquecido com bentonita (ver Figura 2d), por sua vez, demonstrou características visuais superiores, como homogeneidade, ausência de bolhas e boa maleabilidade.

Em um trabalho realizado por Mubarak, Ganeson e Razali⁵⁹³, na obtenção de filmes a partir da mucilagem da babosa (*Aloe vera*), observou-se que filmes com baixa concentração de plastificantes apresentaram fragilidade, espessura reduzida e alta dificuldade de manuseio e remoção das placas, além de encolherem rapidamente após a secagem. Assim, com o aumento da concentração de glicerol e mucilagem, os filmes tornaram-se progressivamente mais flexíveis, homogêneos e isentos de poros e rachaduras. Contudo, concentrações mais elevadas de glicerol resultaram em maior solubilidade dos filmes em água.

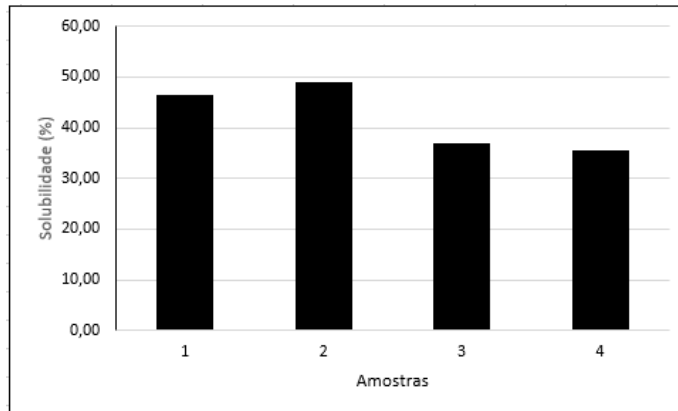
Os resultados demonstram que a concentração de plastificantes e a modificação com bentonita influenciam as propriedades físicas dos biofilmes. Amostras com concentrações adequadas apresentaram maior flexibilidade e homogeneidade, enquanto concentrações inadequadas levaram à fragilidade e à heterogeneidade. Conclui-se portanto que a formulação precisa dos componentes é essencial para otimizar o desempenho dos biofilmes.

3.2 Solubilidade em água

O Gráfico 1 apresenta os resultados de solubilidade dos filmes. A incorporação de bentonita ou cera de carnaúba reduz a solubilidade dos filmes, com maior impacto observado para a bentonita. A análise de solubilidade das amostras mostrou que, embora o aumento da cera de carnaúba no ensaio 3 tenha diminuído a solubilidade em relação ao ensaio 1 e 2, o filme se tornou quebradiço, tornando inviável sua aplicação. Por outro lado, o ensaio 4, reforçado com bentonita, apresentou o melhor desempenho, sendo possível notar que há uma melhor interação entre as cadeias poliméricas e a montmorilonita.

593 MUBARAK, Aiddila; GANESON, Keisheni; RAZALI, Razifah Mohd. Preparation and characterization of edible aloe vera films incorporated with cinnamon oil for fruits and vegetables coating. **Malaysian Applied Biology Journal**, [s. l.], v. 46, n.4, p. 183-190, 2017.

Gráfico 1 – Solubilidade dos filmes



Fonte: Elaborado pela autora.

Assim, em estudos feitos por Garrido *et al.*⁵⁹⁴, observou-se que a adição de argila melhorou as propriedades de barreira dos filmes de gelatina, reduzindo significativamente a permeação de vapor de água.

A bentonita possui nanoplaquetas que, ao serem hidratadas, organizam-se em uma estrutura rígida, criando uma barreira eficiente contra a passagem de diversas substâncias⁵⁹⁵.

Enquanto isso, Xavier *et al.*⁵⁹⁶ desenvolveram biofilmes baseados em fécula de mandioca, quitosana e cera de carnaúba. No estudo, observaram que a inclusão da cera resultou em uma redução média de 20% na taxa de permeabilidade ao vapor d'água quando comparada aos filmes sem a cera.

Os resultados evidenciam que a incorporação de bentonita e cera de carnaúba melhora as propriedades de barreira dos biofilmes, reduzindo significativamente sua solubilidade e permeabilidade ao vapor d'água.

A bentonita mostrou maior impacto devido à formação de estruturas rígidas que reforçam a interação polimérica, enquanto a cera promoveu redução consistente na permeação.

3.3 Espessura

Para a determinação da espessura dos filmes, foram realizadas medições em cinco pontos distintos de cada amostra, garantindo uma avaliação repre-

594 GARRIDO, Murillo Alves *et al.* Filmes biodegradáveis de gelatina incorporados com argila bentonita ionicamente modificada. **Revista Verde**, Pombal, v. 16, n. 2, p. 182-188, 2021.

595 MAGED, Ali *et al.* Characterization of activated bentonite clay mineral and the mechanisms underlying its sorption for ciprofloxacin from aqueous solution. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 27, n. 26, p. 32980-32997, 2020.

596 XAVIER, Tálisson Davi Norberto *et al.* Filmes biopoliméricos baseados em fécula, quitosana e cera de carnaúba e suas propriedades. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 4, p. 1-12, jan. 2020.

sentativa da uniformidade do material. Esses valores individuais foram utilizados para calcular a média aritmética, permitindo uma estimativa precisa da espessura média de cada filme. Os valores médios obtidos para cada filme estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Espessura dos biofilmes.

ENSAIO	P1 (MM)	P2 (MM)	P3 (MM)	P4 (MM)	P5 (MM)	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
1	0,71	0,7	0,72	0,72	0,72	0,715	0,001
2	0,62	0,6	0,6	0,65	0,6	0,6	0,014
3	0,6	0,6	0,59	0,6	0,6	0,6	0,002
4	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,04

Fonte: Elaborada pela autora.

Os biofilmes analisados apresentaram espessuras médias variando entre 0,6 mm e 0,8 mm, demonstrando diferenças na uniformidade entre as amostras. A amostra 4 apresentou o maior desvio padrão, indicando uma maior variação na espessura ao longo de sua superfície, o que pode estar relacionado à distribuição heterogênea dos componentes na formulação.

Em contrapartida, a amostra 1 exibiu o menor desvio padrão, sugerindo uma maior uniformidade na espessura do filme, possivelmente devido a uma melhor homogeneização dos materiais durante o processo de fabricação.

Assim, um trabalho feito por Schaeffer⁵⁹⁷, utilizando biofilmes de fécula de mandioca e amido de milho, apresentou uma espessura média de 0,11mm, um valor bem menor que os biofilmes obtido neste estudo. Estudos realizados por Aldawsari *et al.*⁵⁹⁸ indicaram que o aumento da espessura do filme resulta em maior resistência à tração, porém com redução na capacidade de alongamento. O autor observou também que a espessura cresce com o aumento da concentração dos ingredientes. Além disso, fatores como a área do molde de fundição e o volume da solução depositada influenciam diretamente na espessura final do filme.

597 SCHAEFFER, Daiane. **Obtenção e caracterização de biopolímeros a partir de fécula de mandioca e amido de milho.** Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2020.

598 ALDAWSARI, Hibah Mubarak *et al.* Development and evaluation of quercetin enriched bentonite-reinforced starch-gelatin based bioplastic with antimicrobial property. **Saudi Pharmaceutical Journal**, [s. l.], v. 31, n. 12, e101861, 2023.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mucilagem do xique-xique e o ágar-ágar mostraram grande potencial como matérias-primas de base para a produção de biofilmes biodegradáveis. A junção do glicerol com a mucilagem contribuiu para melhorar a flexibilidade e a estrutura dos bioplásticos. A incorporação da bentonita sódica e cera de carnaúba reduziu a solubilidade dos biofilmes; entretanto, em concentrações mais elevadas de cera de carnaúba, ajustes na quantidade de plastificantes são necessários, pois os filmes tendem a se tornar quebradiços. Dentre as formulações, o biofilme do ensaio 4, enriquecido com bentonita sódica, destacou-se por apresentar menor solubilidade, não ser quebradiço e ter alta flexibilidade. O biofilme do ensaio 3 também apresentou baixa solubilidade; contudo, mostrou-se quebradiço e sem flexibilidade, o que inviabiliza seu uso.

Os resultados indicam que a mucilagem do cacto xique-xique possui potencial para uso como biomaterial em bioplásticos, embora sejam necessários estudos adicionais. Pesquisas futuras podem focar em diferentes concentrações de matérias-primas e na realização de testes de resistência à tração, absorção de água e propriedades de barreira para melhorar as características dos bioplásticos. Os resultados deste estudo destacam a importância de desenvolver metodologias alternativas ao plástico convencional. Esses biofilmes trazem benefícios significativos para o meio ambiente e a sociedade, reforçando a necessidade de adotar práticas sustentáveis.

REFERÊNCIAS

AGUSMAN, Fransiska D. *et al.* Physical properties of bioplastic agar/chitosan blend. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, [s. l.], v. 978, n. 12046, 2022. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/978/1/012046>. Acesso em: 21 mar. 2026.

ALDAWSARI, Hibah Mubarak *et al.* Development and evaluation of quercetin enriched bentonite-reinforced starch-gelatin based bioplastic with antimicrobial property. **Saudi Pharmaceutical Journal**, [s. l.], v. 31, n. 12, e101861, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38028210/>. Acesso em: 21 mar. 2026.



BISHOP, George; STYLES, David; LENS, Pie. Environmental performance comparison of bioplastics and petrochemical plastics: A review of life cycle assessment (LCA) methodological decisions. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v.168, n. 105451, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921000586>. Acesso em: 21 mar. 2026.

EUROPEAN BIOPLASTICS. **What are bioplastics?** 2024. Disponível em: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

GARCÍA-BARRADAS, Oscar *et al.* Chemical modification of *Opuntia ficus-indica* mucilage: characterization, physicochemical, and functional properties. **Polymer Bulletin**, Alemanha, v. 80, p. 8783-8798, 2022. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00289-022-04474-x?utm_source=researchgate.net&utm_medium=article. Acesso em: 21 mar. 2026.

GARRIDO, Murillo Alves *et al.* Filmes biodegradáveis de gelatina incorporados com argila bentonita ionicamente modificada. **Revista Verde**, Pombal, v. 16, n. 2, p. 182-188, 2021. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/7593/10823>. Acesso em: 21 mar. 2026.

GONZALEZ, Jazmín; ESCOBAR, Diana Marcela; OSSA, Claudia Patricia. Producción y caracterización de cuerpos porosos de hidroxapatita sintética. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**, Medellín, n. 43, p. 59-66, 2008. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302008000100005&lng=en&rm=iso. Acesso em: 30 maio 2024.

HERRERA-IBARRA, Evely *et al.* Preparation of Surgical Thread from a Bioplastic Based on Nopal Mucilage. **Polymers**, [s. l.], v. 15, n.9, p.2112, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/9/2112>. Acesso em: 21 mar. 2026.

MAGALHÃES, Ana Cristina Tinoco Verçosa de; ALMEIDA, Jaime Gonçalves de. O uso da mucilagem de cacto em pastas de gesso: efeitos na absorção de água e na resistência à flexão estática. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 139-151, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/>

[ac/a/fFMYCtd4kW4cJD3FrdsHTXP/?format=pdf&lang=pt](https://www.researchgate.net/publication/331443577). Acesso em: 21 mar. 2026.

MAGED, Ali *et al.* Characterization of activated bentonite clay mineral and the mechanisms underlying its sorption for ciprofloxacin from aqueous solution. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 27, n. 26, p. 32980-32997, 2020. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-09267-1?utm_source=researchgate.net&utm_medium=article. Acesso em: 21 mar. 2026.

MUBARAK, Aiddila; GANESON, Keisheni; RAZALI, Razifah Mohd. Preparation and characterization of edible aloe vera films incorporated with cinnamon oil for fruits and vegetables coating. **Malaysian Applied Biology Journal**, [s. l.], v. 46, n.4, p. 183-190, 2017. Disponível em: https://www.mabjournal.com/index.php?Itemid=56&catid=59%3Acurrent-view&id=696&option=com_content&view=article&utm. Acesso em: 24 nov. 2024.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Plastic pollution is growing relentlessly as waste management and recycling fall short, says OECD**. 2022. Disponível em: <https://www.oecd.org/en/about/news/press-releases/2022/02/plastic-pollution-is-growing-relentlessly-as-waste-management-and-recycling-fall-short.html>. Acesso em: 21 mar. 2026.

OLIVEIRA, Victor Rafael Leal *et al.* Evaluation of Biopolimeric Films of Cassava Starch with Incorporation of Clay Modified by Ionic Exchange and its Application as a Coating in a Fruit. **Materials Research**, [s. l.], v. 20, p. 758-766, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mr/a/tspNKWtT6TVVskBFxTYg73L/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 21 mar. 2026.

ORTIZ, Sonia Patrícia; ARCE, María Magdalena. **Producción y Caracterización de Películas de Biopolímero de Nopal *Opuntia ficus-indica* (L.)**. [S. l.]: [s. n.], 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/331443577> **Produccion y Caracterizacion de Peliculas de Biopolimero de Nopal *Opuntia ficus-indica* L.** Acesso em: 21 mar. 2026.

PEREIRA, Kleberon Ricardo de Oliveira; RODRIGUES, Meire Gláucia Ferreira; DÍAZ-VALENZUELA, Francisco Rolando. Síntese e caracterização



de argilas organofílicas: comparação no uso de dois métodos. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, v. 2, p. 1-8, 2007. Disponível em: <https://remap.revistas.ufcg.edu.br/index.php/remap/article/view/30>. Acesso em: 21 mar. 2026.

SCHAEFFER, Daiane. **Obtenção e caracterização de biopolímeros a partir de fécula de mandioca e amido de milho**. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10737/2858>. Acesso em: 20 setembro 2024.

TERZOPOULOU, Zoi; BIKIARIS, Dimitrios N. Biobased plastics for the transition to a circular economy. **Materials Letters**, [s. l.], v.362, p. 136174, fev. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167577X24003124?via%3Dihub>. Acesso em: 21 mar. 2026.

VIEIRA, Érica de Andrade *et al.* Mucilages of cacti from Brazilian biodiversity: Extraction, physicochemical and technological properties. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 346, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814620327679?via%3Dihub>. Acesso em: 21 mar. 2026.

XAVIER, Tálisson Davi Norberto *et al.* Filmes biopoliméricos baseados em fécula, quitosana e cera de carnaúba e suas propriedades. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 4, p. 1-12, jan. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/7dP7kgBZwgHVJG6XppbKxNt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 jan. 2024.



ESTE LIVRO FOI COMPOSTO NAS FONTES TIPOGRÁFICAS TISA SANS E ARCHIVO®;
TEM CAPA IMPRESSA EM 4 CORES SOBRE CARTÃO SUPREMO DUO DESIGN 250G
E MIOLO EM 4 CORES SOBRE PAPEL COUCHÊ FOSCO 120G E FOI IMPRESSO
PELA ATHALIA GRÁFICA E EDITORA EM BRASÍLIA – DF, BRASIL.



O terceiro livro da coleção da Cátedra OEI Elena Piscopia, iniciativa dedicada à promoção da transição justa como direito humano transversal, reúne os trabalhos premiados no Eixo III – Transição Justa: Novas Tecnologias, Engenharias e Transformações Sociais do I Concurso de Artigos Científicos, explorando o papel das inovações tecnológicas nas transformações econômicas, ambientais e sociais do século XXI. A obra examina como a concepção, regulação e aplicação das tecnologias podem tanto promover direitos humanos e sustentabilidade quanto aprofundar desigualdades e assimetrias de poder. Os capítulos abordam temas como tecnologias sociais, políticas públicas de saúde, mobilidade urbana, inteligência artificial, governança algorítmica, ativismo digital, conflitos territoriais envolvendo povos indígenas, o mercado de trabalho e o desenvolvimento de soluções tecnológicas sustentáveis. Ao reunir pesquisas interdisciplinares produzidas no contexto da Iberoamérica, o livro reafirma que a inovação científica e tecnológica deve estar orientada para a justiça social, para a sustentabilidade ambiental e para a centralidade dos direitos humanos, como condição essencial para que as transições aconteçam de forma justa, equitativa e sustentável.

