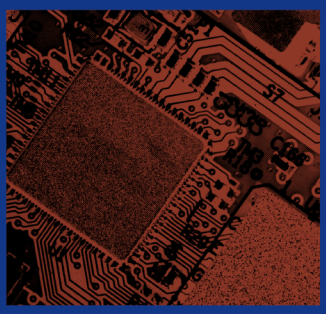
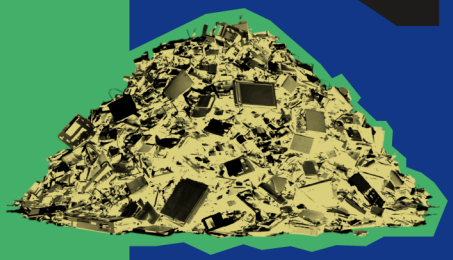
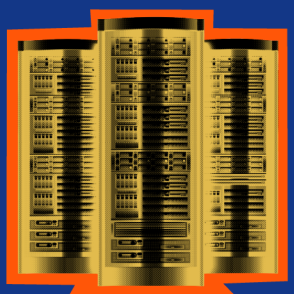
O LIXO DA "NUVEM":

OBSOLESCÊNCIA TECNOLÓGICA E INJUSTIÇA AMBIENTAL NO BRASIL

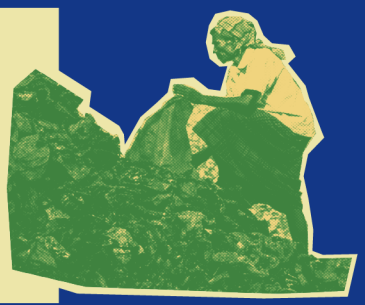








Instituto de
Pesquisa em
Direito & Tecnologia
do Recife









O lixo da “nuvem”:
obsolescência tecnológica e injustiça ambiental no Brasil.

Novembro de 2026

Instituto de Pesquisa em Direito e Tecnologia do Recife – IP.rec

Este relatório integra o projeto sinérgico dos “Desafios Emergentes da Inteligência Artificial”, desenvolvido pelo IP.rec, com apoio financeiro da Fundação Heinrich Böll - Brasil, do Fundo CASA e da Luminate.

Pesquisa e redação
André Lucas Fernandes
Bruno Nascimento
Elidiane Nunes
Fabiana Teixeira
Keziah Prado

Coordenação
André Lucas Fernandes
Anicely Santos

Revisão
André Lucas Fernandes
Guilherme dos Santos

Projeto gráfico
Estúdio PUYA!

Este conteúdo está licenciado sob a Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0), permitindo o uso, compartilhamento e adaptação apenas para fins não comerciais, com atribuição à autoria original.

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

O Lixo da "nuvem": obsolescência tecnológica e injustiça ambiental no Brasil [livro eletrônico] / [pesquisa e redação André Lucas Fernandes...[et al.] ; coordenação André Lucas Fernandes, Anicely Santos]. -- 1. ed. -- Recife, PE : IP.rec, 2026.
PDF

Outros pesquisadores: Bruno Nascimento, Elidiane Nunes, Fabiana Teixeira, Keziah Prado. Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-982630-7-2

1. Centro de processamento de dados - Nordeste (Brasil) 2. Inteligência artificial 3. Infraestrutura de tecnologia da informação 4. Lixo eletrônico 5. Logística reversa - Legislação 6. Obsolescência programada I. Fernandes, André Lucas. II. Nascimento, Bruno. III. Nunes, Elidiane. IV. Teixeira, Fabiana. V. Prado, Keziah. VI. Santos, Anicely.

26-416534.1 CDD-363.7288

Índices para catálogo sistemático:

1. Logística reversa : Centros de processamento de dados : Lixo eletrônico : Administração 363.7288

Aline Graziele Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

ÍNDICE

SUMÁRIO EXECUTIVO 4

INTRODUÇÃO:
LIXO ELETRÔNICO E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NO NORDESTE BRASILEIRO 6

1. LACUNAS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA 12

1.1 RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA COM POUCA DEFINIÇÃO 13

1.2 INDEFINIÇÃO OPERACIONAL DA LOGÍSTICA REVERSA 13

1.3 COBERTURA TERRITORIAL LIMITADA E DESIGUAL 14

1.4 PREDOMINÂNCIA DA INFORMALIDADE 15

1.5 O SUCESSO DEPENDE DO COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR FINAL 16

1.6 LIMITAÇÕES TÉCNICAS E TECNOLÓGICAS 16

1.7 FOCO EXCLUSIVO EM REEE DE USO PESSOAL E DOMÉSTICO 17

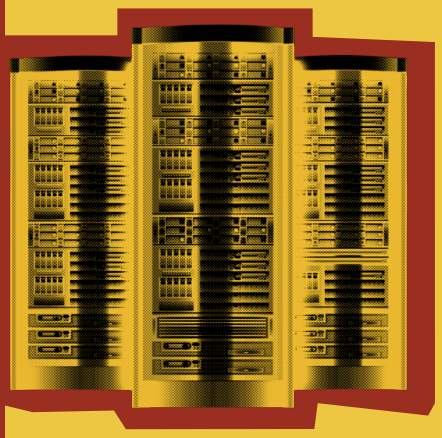
2. LIXO ELETRÔNICO E OBSOLESCÊNCIA PREMATURA 20

2.1 OBSOLESCÊNCIA PROGRAMADA 21

2.2 OBSOLESCÊNCIA PERCEBIDA 24

3. CONCLUSÃO:
SÍNTESE E SUGESTÕES DE MELHORIA PARA POLÍTICAS NO BRASIL 27

Sumário Executivo



A expansão da infraestrutura física que sustenta a inteligência artificial (IA), especialmente por meio da instalação de data centers, tem intensificado preocupações socioambientais relacionadas ao consumo de energia, à utilização de recursos hídricos e à pressão sobre territórios. Entretanto, uma dimensão ainda insuficientemente explorada no debate brasileiro diz respeito à geração de lixo eletrônico (e-waste) decorrente da atualização e substituição acelerada de equipamentos computacionais. Este relatório examina as relações entre obsolescência tecnológica, descarte de resíduos eletroeletrônicos e injustiça ambiental, com particular atenção às desigualdades regionais que atravessam a expansão dessas infraestruturas no Brasil e, especialmente, no Nordeste.

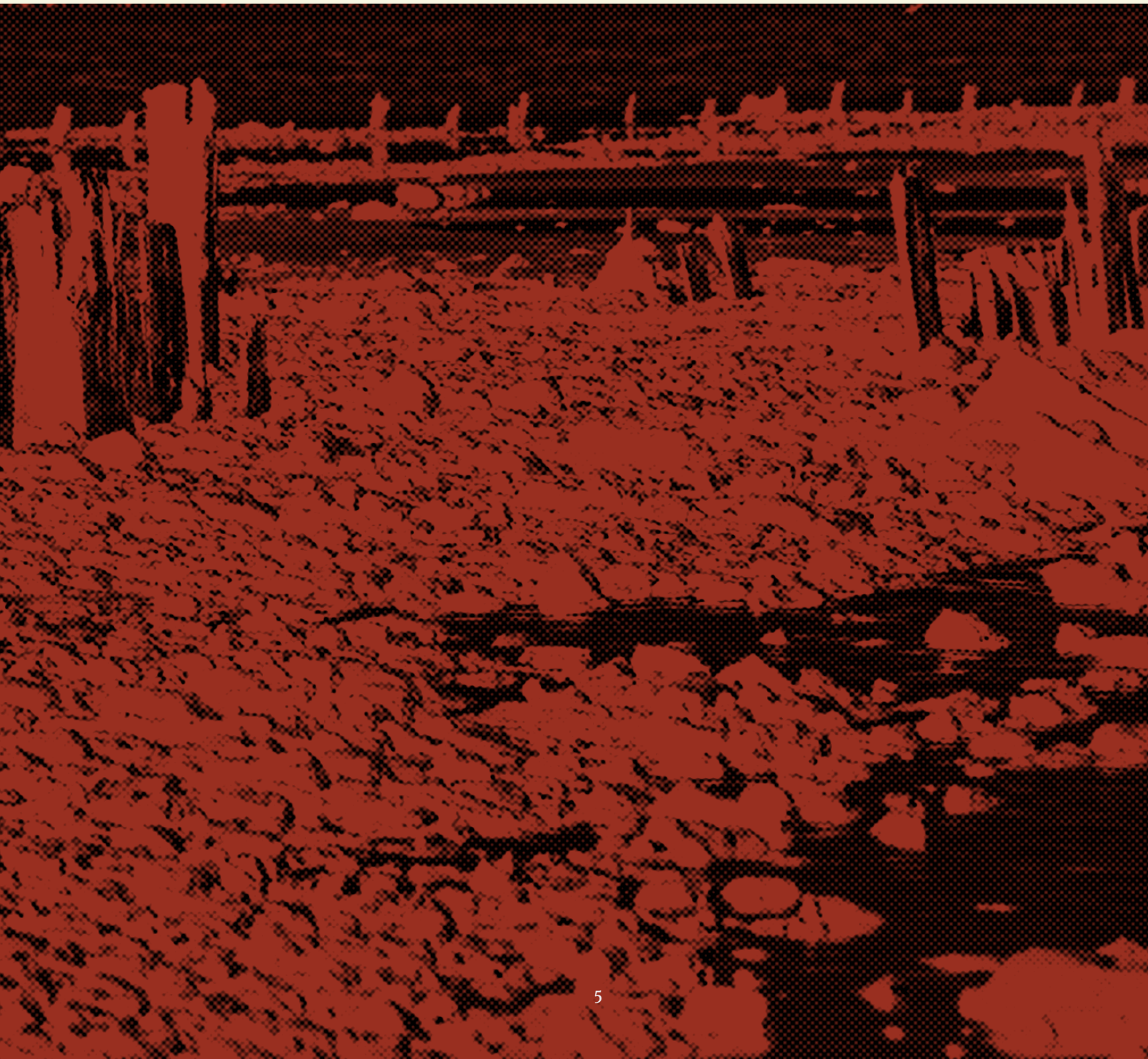
A análise evidencia que a expansão dos data centers ocorre em um contexto de fragilidades estruturais na gestão de resíduos eletroeletrônicos. Embora a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabeleça instrumentos de responsabilidade compartilhada e logística reversa, persistem limitações relacionadas à cobertura territorial dos sistemas de coleta, à predominância de fluxos informais, à insuficiência de mecanismos de fiscalização e rastreabilidade e à reduzida capacidade nacional de recuperação de materiais estratégicos. Particularmente relevante é a exclusão dos equipamentos de uso corporativo e dos grandes geradores de resíduos do sistema obrigatório de logística reversa.

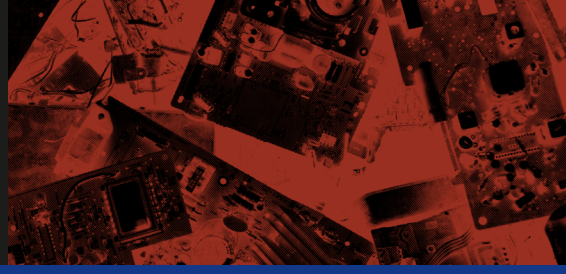
O relatório também problematiza a obsolescência tecnológica como fenômeno estrutural, distinguindo suas dimensões programada e percebida. Argumenta-se que a substituição prematura de equipamentos não pode ser compreendida exclusivamente como resultado das escolhas individuais de consumo, uma vez que práticas empresariais, estratégias de mercado, arquiteturas tecnológicas e decisões de design condicionam a durabilidade e a reparabilidade dos dispositivos.

Por fim, o estudo sustenta que a atração de investimentos em infraestrutura de IA, particularmente no Nordeste brasileiro, não pode ser dissociada da construção de mecanismos efetivos de proteção ambiental e justiça territorial. A ampliação

da logística reversa, a inclusão dos grandes geradores de resíduos nos sistemas obrigatórios de gestão, o fortalecimento da fiscalização e da rastreabilidade, o incentivo ao reaproveitamento são meios para alcançar o equilíbrio entre desenvolvimento e proteção.

Ao articular direitos digitais, sustentabilidade e desigualdades regionais, o relatório busca contribuir para uma agenda de pesquisa e incidência política que reconheça os custos materiais da infraestrutura tecnológica e questione modelos de desenvolvimento que concentram benefícios econômicos enquanto distribuem desigualmente seus ônus socioambientais.





Introdução:

lixo eletrônico e impactos socioambientais no Nordeste brasileiro

Segundo o *Data Center Map*, há registros de pelo menos 224 data centers instalados no Brasil1. No Nordeste, é o estado do Ceará que ocupa posição de destaque, com mais instalações dos grandes centros na região. Mas a visão merece ser ampliada para dar conta do verdadeiro cenário posto atualmente: além dos empreendimentos do tipo presentes em diversos estados (Ceará, Paraíba, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe), há ainda muitos projetos em curso na região anunciados a cada mês.

A região é tida como estratégica diante da geração de energia renovável no chamado "Corredor dos Ventos" e é apresentada como verdadeira moeda de troca a municiar o Regime Especial de Tributação para Serviços de Datacenter (REDATA). O governo defende que os investimentos massivos, ao mesmo tempo que atraem benesses fiscais e orçamentárias, também geram desenvolvimento na região que poderá, nos próximos anos, se tornar um polo tecnológico global.

Seguido o plano do governo federal, o Brasil tornar-se-á um polo tecnológico relevante internacionalmente, atraindo investimento de grandes empresas para implementação de data centers em seu território. O foco, por sua vez, será o nordeste, em virtude principalmente das fontes de energia renovável, dos cabos submarinos de fibra óptica e também pela fragilidade da regulação ambiental específica de data centers.

Entretanto, a expansão de infraestruturas de inteligência artificial (IA) tem levantado um alerta para a comunidade científica: existe um desenvolvimento tecnológico acelerado, sem as salvaguardas necessárias para reduzir os impactos socioambientais atrelados. Hoje está patente que a esperança na "autorregulação" é argumento ideológico para atacar a regulação estrita, com atribuição efetiva de obrigações, deveres e proteção a direitos

(salvaguardas) eficientes[1].

Entre os custos socioambientais vinculados à infraestrutura de prestação de serviços da IA, destacam-se: 1) consumo de energias não-renováveis; 2) emissões de carbono; 3) escassez de recursos hídricos; 4) exploração de recursos minerais preciosos; 5) e exposição de comunidades locais e povos tradicionais a contextos de injustiça socioambiental, com aumento de ruído, luminosidade, infrassom e outras dimensões ainda não bem estudadas pela ciência.[2]

No entanto, os impactos socioambientais causados pela infraestrutura física da IA não se limitam à emissão de gases de efeito estufa, emissão de carbono ou escassez de recursos naturais. Há um tema que também merece atenção e que é o foco deste relatório: o descarte de lixo eletrônico (*e-lixo* ou *e-waste*).

Fruto da atualização de data centers, materiais e computadores, o e-lixo também figura como um dos impactos centrais atrelados ao ciclo de vida da IA. Um estudo publicado na *Nature Computational Science* indica um crescimento acelerado de *e-waste* gerado por LLMs (*Large Language Models*) e seu ciclo de treinamento e uso, com uma previsão de **atingir 2.5 milhões de toneladas por ano até 2030**.[3]

A infraestrutura física da IA exige uma grande quantidade de poder computacional para o seu funcionamento, que por sua vez depende do *hardware*. Robbins e van Wynsberghe destacam que a crescente dependência da sociedade em tecnologias de IA resulta consequentemente no aumento proporcional na geração de lixo eletrônico.[4]

O mesmo fenômeno pode ser explicado pelo "paradoxo da eficiência",

---

1 "As empresas têm um papel fundamental a desempenhar para além das exigências legais, tanto no âmbito social quanto ambiental. Nesse sentido, a ética voluntária (soft ethics) continua sendo um elemento essencial para a aceleração competitiva e para o exercício de uma cidadania corporativa responsável, em contextos nos quais a legislação é inexistente, ambígua e demanda interpretação, ou mesmo quando é clara e eticamente adequada. Entretanto, a era da autorregulação como estratégia para enfrentar os desafios éticos colocados pela revolução digital chegou ao fim." FLORIDI, Luciano. The end of an era: from self-regulation to hard law for the digital industry. **Philosophy & Technology**, v. 34, n. 4, p. 619–622, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s13347-021-00493-0. Disponível em: https://ssrn.com/abstract=3959766. Acesso em: 4 nov. 2026.

2 GONÇALVES, André Luiz Dias. Data centers da Amazon são associados ao aumento de câncer e abortos nos EUA. **TecMundo**, 1 dez. 2025. Disponível em: https://www.estadao.com.br/tecmundo/big-techs/408968-data-centers-da-amazon-sao-associados-ao-aumento-de-cancer-e-abortos-nos-eua/. Acesso em: 4 nov. 2026.

3 Wang, P., Zhang, LY., Tzachor, A. et al. E-waste challenges of generative artificial intelligence. **Nat Comput Sci 4**, 818–823 (2024). https://doi.org/10.1038/s43588-024-00712-6.

4 Robbins, S., & van Wynsberghe, A. (2022). Our New Artificial Intelligence Infrastructure: Becoming Locked into an Unsustainable Future. **Sustainability**, 14(8), 4829. https://doi.org/10.3390/su14084829.

também chamado “Efeito Jevons”, em homenagem a William Jevons, economista inglês que estudou o fenômeno. Luccioni, Strubell e Crawford explicam, aplicando a ideia à economia da IA, que ganhos de eficiência em algoritmos e infraestrutura não necessariamente reduzem seu impacto ambiental, pois podem estimular a expansão de seu uso e, consequentemente, elevar o consumo agregado de energia e recursos[5].

Importante mencionar, de pronto, que o lixo eletrônico tem a capacidade de liberar diversas substâncias químicas no meio ambiente durante descarte ou reciclagem inadequados, como chumbo, mercúrio e arsênico, que podem expor indivíduos a problemas de saúde severos, bem como impactar na qualidade do ar, água e solo eventualmente contaminados. Além disso, a vida útil curta de dispositivos eletrônicos torna necessária sua substituição de maneira frequente, aumentando a produção desses resíduos tóxicos.[6]

Alguns dados são flagrantes: segundo o Monitor Global do Lixo Eletrônico, levantado de 2024 produzido pela ONU, anualmente, são liberados no meio ambiente 45 milhões de kg de plásticos com BFRs (*Brominated Flame Retardants* ou Retardantes de Chama Bromados), que são utilizados para placas, cabos ou gabinetes de computadores, justamente pela má administração do lixo eletrônico e seu descarte ambientalmente inadequado.[7]

Segundo o mesmo relatório, estimou-se em 62 milhões de toneladas o total de lixo eletrônico gerado em 2022, e apenas 22,3% foram corretamente descartados ou reciclados. A previsão do estudo é de que essa porcentagem diminuirá para 20% ao longo dos anos e que, até 2030, a geração de resíduos aumentará para 82 milhões de toneladas. Nesse contexto, os países que mais geram e-lixo no mundo são respectivamente China, Estados Unidos, Índia, Japão e o Brasil, que ocupa a quinta posição a nível global entre os maiores geradores desses resíduos e a segunda no continente americano, conforme dados de 2022. De acordo com o levantamento realizado pela ONU, o Brasil é responsável por gerar 2,4 milhões de toneladas, sendo apenas 3% coletado e reciclado formalmente.

---

5 LUCCIONI, Alexandra Sasha; STRUBELL, Emma; CRAWFORD, Kate. From efficiency gains to rebound effects: the problem of Jevons' paradox in AI's polarized environmental debate. In: **ACM CONFERENCE ON FAIRNESS, ACCOUNTABILITY, AND TRANSPARENCY (FAccT)**, 2025. **Proceedings** [...]. New York: Association for Computing Machinery, 2025. DOI: https://doi.org/10.1145/3715275.3732007. Acesso em: 2 nov. 2026.

6 BALDÉ, Cornelis P. et al. **The Global E-waste Monitor 2024**. Geneva: International Telecommunication Union (ITU); Bonn: United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), 2024. Disponível em: https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/.

7 BALDÉ, Cornelis P. et al. **The Global E-waste Monitor 2024**. Geneva: International Telecommunication Union (ITU); Bonn: United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), 2024. Disponível em: https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/.

A região Nordeste do Brasil foi responsável pela produção de 300 mil toneladas de lixo eletrônico no ano de 2023, e, frequentemente, tem dificuldade com a implementação da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos, especialmente pela falta da infraestrutura necessária, pela baixa quantidade de pontos de coleta e pelo alto custo de transporte do lixo eletrônico para descarte em outros locais. No entanto, não é a mesma situação do Sul e Sudeste do país, onde há mais pontos de coleta para resíduos eletrônicos.[8]

A logística reversa consiste no conjunto de procedimentos destinados a viabilizar o retorno de produtos descartados ao setor empresarial, para reaproveitamento ou destinação ambientalmente adequada, conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). No caso dos eletroeletrônicos, isso envolve a coleta e o encaminhamento dos equipamentos descartados para reciclagem ou tratamento apropriado. Tal estrutura logística aparece como um dos instrumento da economia circular que, conforme estudo supracitado da Nature Computational Science, poderia reduzir a geração de e-lixo em até 86%.

Fica evidente, portanto, que o desenvolvimento tecnológico no Brasil é marcado por desigualdades sociais e regionais relevantes. Empresas estrangeiras investem em infraestrutura física de IA no país, a título de desenvolvimento nacional cuja perspectiva de soberania é extremamente criticável, enquanto os estados do Nordeste brasileiro se tornam verdadeiras "zonas de sacrifício". As populações locais, situadas nas proximidades de projetos de *data centers,* terão que conviver com escassez hídrica, descarte de resíduos eletrônicos, bem como riscos associados à poluição do ar por emissão de carbono. Além disso, o consumo excessivo de energia dessas estruturas também gera impactos significativos aos residentes próximos.

Nessa dinâmica, os custos socioambientais são transferidos para periferias globais, que não possuem infraestrutura adequada para administrar um volume de lixo eletrônico gerados em larga escala devido aos ciclos de vida curtos de hardwares vinculados à infraestrutura da IA. Verifica-se, nesse contexto, uma lógica colonialista, que concentra o acúmulo econômico e desenvolvimento tecnológico em países desenvolvidos, enquanto os ônus ambientais são suportados por países do Sul Global.[9]

---

8 SOUZA, Luciana Otoni de; CORBIN, Hisakhana Pahoona. Logística reversa e a sustentabilidade dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil: potencial e desafios. **Papers do NAEA**, v. 1, n. 1, 2025. DOI: https://doi.org/10.18542/papersnaea.v1i1.18575.

9 Brochado Neto, D.A., Kazak, R. Environmental risks of data center infrastructure in Northeastern Brazil from an ecocide risk perspective. **Discov Sustain 7**, 1472 (2026). https://doi.org/10.1007/s43621-026-04462-5

Ainda que o avanço tecnológico deva ser uma prioridade do Brasil, que investe em políticas de incentivo fiscal para atrair data centers, os impactos socioambientais associados ao aumento na geração de lixo eletrônico não aparecem como uma questão central no debate sobre inovação tecnológica. Conforme analisado em outros trabalhos, o que se constata é o cultivo deliberado de uma opacidade ambiental, visando ocultar os custos ambientais da infraestrutura da IA através da pouca transparência em relação às etapas de seu ciclo de vida[10].

Da extração do metal até o descarte precoce de hardware, o e-lixo gerado impacta diretamente o meio ambiente e à saúde dos indivíduos que habitam regiões próximas à estrutura. Essa questão é especialmente sensível no Nordeste, que é constantemente submetido a contextos de injustiça socioambiental e climática, que podem ser intensificados pela implementação acelerada de data centers e pela ausência de mecanismos efetivos de gerenciamento do lixo eletrônico.

Portanto, não se pode pensar os data centers no Nordeste sem pensar em políticas efetivas de mitigação aos impactos socioambientais atrelados, especialmente no que se refere à produção de resíduos eletrônicos.

Uma nota metodológica se faz necessária ao encerramento desta introdução. O presente relatório constitui um estudo exploratório sobre uma temática ainda insuficientemente abordada no debate brasileiro sobre datacenters: as relações entre lixo eletrônico, injustiça ambiental e desigualdades regionais. Situado no contexto do ecossistema de direitos digitais, o trabalho busca contribuir para ampliar o escopo das discussões sobre os impactos socioambientais da infraestrutura que sustenta a inteligência artificial e os serviços digitais, incorporando uma perspectiva territorial e atenta à distribuição desigual de seus custos e consequências.

Para a construção da reflexão proposta, adotou-se uma estratégia de levantamento bibliográfico orientada pela amostragem coletada na forma “bola de neve”, a partir da identificação inicial de artigos e estudos pertinentes ao tema, cujas referências bibliográficas permitiram localizar trabalhos adicionais e ampliar progressivamente o corpus consultado. Esse procedimento mostrou-se especialmente útil diante da dispersão e da relativa

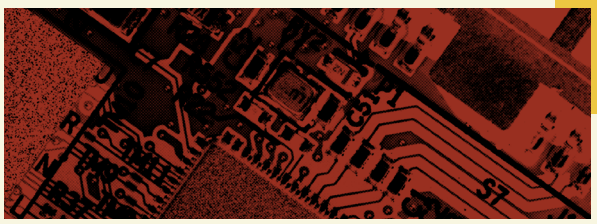
---

10 FERNANDES, André Lucas et al. **Opacidade ambiental na discussão sobre transparência da economia da inteligência artificial**. Recife: Instituto de Pesquisa em Direito e Tecnologia do Recife (IP.rec), jun. 2025. Disponível em: https://ip.rec.br/publicacoes/opacidade-ambiental-na-discussao-sobre-transparencia-da-economia-da-inteligencia-artificial/. Acesso em: 3 nov. 2026.

escassez de literatura que articule, de maneira direta, infraestrutura digital, resíduos eletrônicos e desigualdades socioambientais no contexto brasileiro.

Não se pretende, portanto, oferecer uma revisão sistemática ou exaustiva da literatura, mas reunir elementos analíticos que permitam delimitar o problema, identificar lacunas e contribuir para o desenvolvimento de uma agenda de pesquisa e incidência política que articule direitos digitais, justiça ambiental e justiça regional.

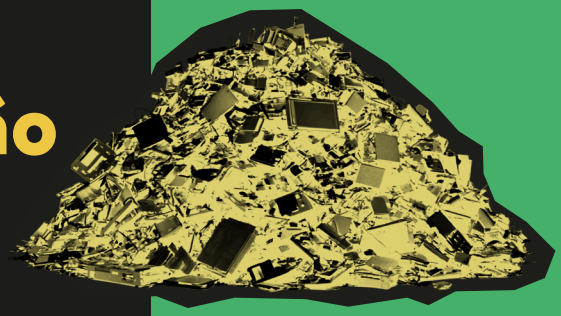








1. Lacunas na legislação brasileira



No Brasil, o descarte e manejo do lixo eletrônico passa obrigatoriamente pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, que é o instrumento legal de referência no tópico. Ela traz o conceito de logística reversa e responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Esse ciclo contempla toda a vida útil do produto, passando pelo desenvolvimento, obtenção das matérias-primas e insumos, processo produtivo, consumo e disposição final.

A logística reversa busca fechar essa corrente por meio da coleta, transporte e reciclagem ou descarte ambientalmente apropriado dos resíduos, esperando atuação conjunta entre os fabricantes, comerciantes, importadores, distribuidores, poder público e consumidores para este fim.

Adicionalmente, no que compete ao cenário internacional de transporte transfronteiriço de lixo eletrônico, o Brasil segue as normas da Convenção da Basileia, promulgada na forma do Decreto nº 875/1993. Seguindo as diretrizes aí postas, o país exporta boa parte do material desmontado[11], sendo esse processo fiscalizado pelo IBAMA, que é a autoridade responsável pelo acompanhamento e consulta aos órgãos ambientais dos países de destino que podem autorizar ou não a operação.[12]

A PNRS segue sendo atualizada conforme a necessidade de regulamentação mais específica[13], mas ainda deixa lacunas no processo

---

11 SANTOS, Simone Machado; OGUNSEITAN, Oladele A. E-waste management in Brazil: challenges and opportunities of a reverse logistics model. **Environmental Technology & Innovation**, v. 28, 102671, 2022, p. 2.

12 BRASIL. **Obter autorização para exportar resíduos controlados pela Convenção de Basileia**. Portal gov.br, [s.d.]. Disponível em: https://www.gov.br/pt-br/servicos/obter-autorizacao-para-exportar-residuos-controlados-pela-convencao-de-basileia.

13 BRASIL. Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2020/decreto-10240-12-fevereiro-2020-789763-normaatualizada-pe.pdf. BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de

legislativo referente ao descarte de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Dentre as carências normativas, podemos listar e discutir algumas:

1.1 Responsabilidade compartilhada com pouca definição

A PNRS adota a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, abrangendo fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e os titulares dos serviços de limpeza urbana (art. 30). Nela, são incorporados instrumentos da responsabilidade estendida do produtor (EPR), como a obrigação de fabricantes e importadores estruturarem a logística reversa. Entretanto, tais disposições estão inseridas em um regime de responsabilidade compartilhada, que distribui deveres entre consumidores, comerciantes, fabricantes e Poder Público, conforme esclarecem Santos e Ogunseitan.

Essa divisão transfere custos e riscos para as pontas dessa cadeia, onde as despesas relacionadas ao descarte ficam sob responsabilidade do consumidor e os municípios não são encarregados das ações da logística reversa.

Em outros países onde a EPR foi adotada, a responsabilidade financeira, física e legal recai inteiramente sobre o produtor.[14] No Brasil, a aplicação desse modelo híbrido dificulta a definição de papéis e custos de cada participante do processo, como evidencia a negociação do Acordo Setorial para Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos de Uso Doméstico e seus Componentes, iniciada em 2011 e concluída apenas em 2019.[15]

1.2 Indefinição operacional da logística reversa

Santos e Ogunseitan observam que a PNRS, embora se utilize de princípios da EPR, não detalhou a estrutura necessária para que a logística reversa funcionasse: os atores e seus papéis, bem como as fontes de

Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, 2022. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2022/decreto-10936-12-janeiro-2022-792233-publicacaooriginal-164412-pe.html.

14 VARGAS, Danieli Braun; CAMPOS, Lucila Maria de Souza; LUNA, Mônica Maria Mendes. Brazil's Formal E-Waste Recycling System: From Disposal to Reverse Manufacturing. Sustainability, v. 16, n. 1, 66, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/su16010066. p. 6.

15 VARGAS; CAMPOS; LUNA, 2023, p. 9.

financiamento e o monitoramento do sistema.[16] O Decreto nº 10.240/2020 respondeu a alguns desses pontos, definindo as obrigações de cada parte (art. 31 a 36), atribuindo o financiamento às empresas (art. 16) e criando um "Grupo de Acompanhamento de Performance", responsável por relatórios anuais submetidos a auditoria realizada por entidade independente, para conferir a confiabilidade das informações apresentadas pelas entidades gestoras e demais participantes do sistema.

Entretanto, o monitoramento ficou a cargo do próprio setor regulado, e os dados das empresas que contratam as auditorias obrigatórias são protegidos por sigilo comercial. Assim, permanece o cenário descrito pelas autoras, em que boa parte do fluxo de reciclagem ocorre de forma marginal em relação aos fabricantes e à fiscalização governamental, sustentado por um mercado informal no qual os catadores têm papel fundamental.[17]

1.3 Cobertura territorial limitada e desigual

O Decreto nº. 10.240/2020 lista 400 municípios, todos com mais de 80 mil habitantes, nos quais os fabricantes e entidades gestoras devem implementar um sistema de logística reversa para lixo eletrônico, disponibilizando pelo menos um ponto de coleta para cada 25 mil habitantes no local. Esse critério, apesar de ser um avanço, cobre uma porcentagem baixa dos municípios brasileiros, cerca de 7,2% das 5.570 unidades municipais contabilizadas pelo IBGE.[18]

O próprio critério populacional ignora a extensão territorial, visto que um ponto para cada 25 mil habitantes pode significar acesso razoável numa cidade densa, mas dezenas de quilômetros em municípios extensos num sistema que depende da entrega voluntária pelo consumidor.[19]

Na prática, a cobertura supera o mínimo legal. Ao final de 2022, a ABREE (Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos)

---

16 SANTOS; OGUNSEITAN, 2022, p. 2.

17 SANTOS; OGUNSEITAN, 2022, p. 2.

18 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Quadro geográfico de referência para produção, análise e disseminação de estatísticas: municípios**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/quadrogeografico/pdf/2022_10_Municipio.pdf. Percentual de elaboração própria a partir de BRASIL, 2020, Anexo III.

19 VARGAS; CAMPOS; LUNA, 2023, p. 8.

declarou presença de 1.370 municípios, cerca de 3.5 vezes o exigido (400).[20] No entanto, essa ampliação é voluntária e não está protegida pela norma, que veda apenas exclusão dos municípios do Anexo III.[21]

A distribuição territorial da meta regulatória também evidencia desigualdades regionais. Dos 400 municípios previstos no cronograma de implantação do Decreto nº 10.240/2020, 182 estão no Sudeste (45,5%) e 67 no Sul (16,75%), enquanto 84 estão no Nordeste (21%) e 38 no Norte (9,5%).

Assim, as regiões Sudeste e Sul concentram conjuntamente 62,25% dos municípios previstos, ao passo que Norte e Nordeste somam apenas 30,5%. Essa distribuição suscita questionamentos sobre a equidade territorial da cobertura mínima obrigatória, especialmente diante das desigualdades de infraestrutura e dos custos de transporte e destinação dos resíduos, além da alocação do Nordeste brasileiro, e seu "Corredor dos Ventos", como fonte primária da matriz geradora renovável no Brasil.

1.4 Predominância da informalidade

Como mencionado anteriormente, o sistema formal de logística reversa coexiste com um fluxo informal que é majoritário no país e pouco documentado[22]. Santos e Ogunseitan observam que a reciclagem de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos ocorre independentemente da ação de fabricantes e da fiscalização governamental, sustentada por um mercado do qual os catadores são parte indispensável.[23]

O Decreto nº 10.240/2020 não alcança esse fluxo, vedando a transferência dos produtos recolhidos a terceiros não participantes da logística e condicionando a participação de cooperativas à constituição legal. A Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos relata que muitas cooperativas não conseguem atender a seus requisitos de qualidade e rastreabilidade, contando apenas sete parceiras homologadas até o fim de 2022.[24]

---

20 ABREE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM DE ELETROELETRÔNICOS E ELETRODOMÉSTICOS. **Relatório Anual de Desempenho do Sistema de Logística Reversa (SLR) de Eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico: 2022**. São Paulo: ABREE, 2023. Disponível em: https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2024/04/RELATORIO_ANUAL_DE_DESEMPENHO_2022_-_ABREE.pdf. p. 13–14.

21 BRASIL, 2020, art. 8º, § 4º, I.

22 VARGAS; CAMPOS; LUNA, 2023, p. 5.

23 SANTOS; OGUNSEITAN, 2022, p. 2.

24 ABREE, 2023, p. 21.

Em 2024, porém, com a Portaria GM/MMA nº 1.011/2024, os catadores entraram no relatório obrigatório. A obrigatoriedade ainda precisa obedecer às condições de existência de prazo, participação voluntária e formalização, apenas estreitando o entrave que o fluxo invisível da informalidade apresenta para o processo legislativo, ao invés de atacá-lo de forma definitiva.

1.5 O sucesso depende do comportamento do consumidor final

A partir do momento que a responsabilidade é compartilhada e concomitantemente difusa, inevitavelmente o peso da participação do consumidor pode ser desproporcional, sendo capaz de levar a logística ao sucesso ou à falha com base apenas em sua omissão no processo.

Essa dependência do consumidor é um dos fatores que mais contribuem para a complexidade do modelo de logística reversa adotada pelo Brasil.[25] No estado atual da legislação, o consumidor deve: separar os eletroeletrônicos dos demais resíduos, remover os dados pessoais e descartar o aparelho nos pontos de recebimento apropriados. Os custos desse transporte recaem, exclusivamente, sobre o consumidor, bem como a responsabilidade pelos dados pessoais armazenados em dispositivos eletrônicos.[26]

1.6 Limitações técnicas e tecnológicas

Atualmente, o processo de manejo e reciclagem de lixo eletrônico no Brasil se encerra na etapa de desmonte.[27] Como um dos principais entraves para a aplicação da logística do sistema reverso na gestão de resíduos eletrônicos no Brasil, Santos e Ogunseitan listam a ausência de dados e de pesquisa e a falta de conhecimentos técnicos em reciclagem de REEE.[28]

Sobre esta última barreira, as autoras explicam que são necessárias "tecnologias avançadas de recuperação de materiais críticos e terras raras", mas que por não haver investimentos no Brasil para adoção dessas tecnologias, o país "limita-se a realizar o processo de desmantelamento".[29]

---

25 RODRIGUES et al. apud VARGAS, Danieli Braun; CAMPOS, Lucila Maria de Souza; LUNA, Mônica Maria Mendes, 2023, p. 8.

26 BRASIL, 2020, art. 18, parágrafo único, e art. 31, I a III e § 1º.

27 SANTOS; OGUNSEITAN, 2022, p. 2–3; ABREE, 2023, p. 21.

28 SANTOS; OGUNSEITAN, 2022, p. 3.

29 OLIVEIRA NETO et al., 2017 apud SANTOS; OGUNSEITAN, 2022, p. 3, tradução livre.

O Decreto nº 10.240/2020, em seu art. 33, inciso I, exige destinação adequada "preferencialmente para reciclagem", sem meta de recuperação de materiais nem incentivo ao refino no país. Não há, ainda, exigência de recuperar materiais ou rastrear o que foi recuperado, além de nunca conectar a Política de Minerais Estratégicos à Política de Resíduos.

O conceito de "destinação adequada" é amplo[30] e, assim como outros pontos da legislação sobre tratamento e logística reversa para e-lixo, subjetivo. Segundo a ABREE, a maioria dos 91 prestadores homologados só fazem triagem e armazenamento "em função da pequena quantidade de empresas de manufatura reversa em atividade no país, especialmente nas regiões fora do eixo Sul-Sudeste".[31]

O valor perdido na incapacidade técnica de processar recuperar os materiais estratégicos dos REEE já é reconhecido pelo próprio governo: segundo o Ministério do Meio Ambiente, "desperdiçamos 7% do ouro disponível no mundo por não aproveitar o potencial da reciclagem".[32] Enquanto isso, exportamos essa fração mais valiosa de resíduos para países que têm interesse nesse recebimento, como Bélgica, Japão e a própria China.[33]

1.7 Foco exclusivo em REEE de uso pessoal e doméstico

No Decreto nº 10240/2020, é estabelecido que o sistema vale para "produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes", enquanto o art. 5º exclui do sistema: 1. *"produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso não doméstico, incluídos os produtos de uso corporativo e os produtos utilizados em processos produtivos por usuários profissionais"*; 2. *"produtos eletroeletrônicos de origem, uso ou aplicação em serviços de saúde, incluídos os produtos utilizados nas residências (home care)"*; e 3. *"grandes quantidades ou volumes de produtos eletroeletrônicos oriundos de grandes geradores de resíduos sólidos"*.

Para os resíduos excluídos, conforme o art. 6º, a logística reversa

30 BRASIL, 2010, art. 3º, VII.

31 ABREE, 2023, p. 21.

32 BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Panorama da Logística Reversa no Brasil 2024. Brasília, DF: MMA, 2024. Disponível em: https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2024/11/Apresentac%CC%A7a%CC%830-14-anos-PNRS_Logistica-Reversa.pdf. p. 9.

33 SANTOS; OGUNSEITAN, 2022, p. 2. ABRERPI. "Não faz sentido estarmos importando e exportando resíduos", alerta pesquisador. ABRERPI, [s.d.]. Disponível em: https://www.abrerpi.org.br/noticias/noticia/38-39-nao-faz-sentido-estarmos-importando-e-exportando-residuos-38-39-alerta-pesquisador.

“poderá ser disciplinada contratualmente”, tornando-a essencialmente opcional. Essa é uma das lacunas mais críticas: enquanto as outras seções se encontram parcialmente cobertas ou com legislação insuficiente, a regulação sobre REEE vindo de grandes data centers não acompanha a velocidade de desenvolvimento tecnológico[34] e se torna incapaz de garantir que esse tipo de descarte, que têm troca mais rápida e contém alto teor de metais preciosos e críticos[35] seja manejado de forma adequada.

Isso se agrava diante dos incentivos recentes à construção de centros de processamento massivos no país, como o REDATA, que prevê contrapartidas reduzidas para projetos no Norte, Nordeste e Centro-Oeste.[36] Projetos como o ByteDance no Pecém (CE) e os data centers planejados em Gentio do Ouro (BA),[37] concentram-se numa região com cobertura deficiente da obrigatoriedade da logística reversa e onde são escassas as empresas de manufatura reversa.[38]

Dessa forma, esses fluxos ficam invisíveis às metas de reciclagem e descarte, fora da rede de pontos de recebimento e dos mecanismos de monitoramento do sistema.

---

34 VEAU, Caroline et al. Navigating e-waste from data centers. 2023. p. 2 e 5–6.

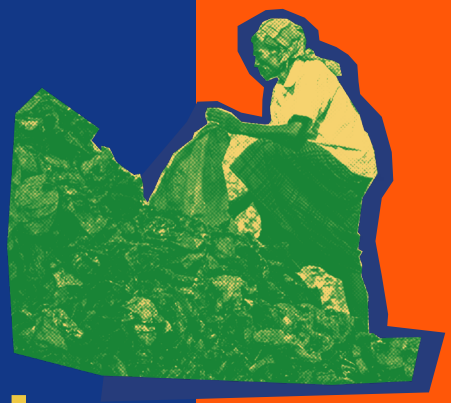
35 ANDREWS, Deborah; KERWIN, Kristina. Design for circularity - a data centre equipment case study. 2026. p. 54.

36 Incentivos aceleram a disputa por data centers no Nordeste. Movimento Econômico, 17 jan. 2026. Disponível em: https://movimentoeconomico.com.br/coluna-movimento-economico/2026/01/17/incentivos-aceleram-a-disputa-por-data-centers-no-nordeste/.

37 CEARÁ. Com R$ 200 bilhões de investimento, Data Center do TikTok no Ceará será o maior do Brasil. Governo do Estado do Ceará, 3 dez. 2025. Disponível em: https://www.ceara.gov.br/2025/12/03/com-r-200-bilhoes-de-investimento-data-center-do-tiktok-no-ceara-sera-o-maior-do-brasil/. EMPRESA de energia renovável quer transformar pequena cidade da Bahia em quintal de data centers. The Intercept Brasil, 13 ago. 2026. Disponível em: https://www.intercept.com.br/2026/08/13/empresa-energia-renovavel-bahia-quintal-data-centers/.

38 BRASIL, 2020, Anexo III; VARGAS, Danieli Braun; CAMPOS, Lucila Maria de Souza; LUNA, Mônica Maria Mendes, 2023, p. 13; ABREE, 2023, p. 21.





2. Lixo Eletrônico e Obsolescência Prematura

De acordo com o Dicionário Priberam da Língua Portuguesa, a obsolescência diz respeito à "desclassificação tecnológica do material industrial motivada pela aparição de material mais moderno"; a noção estende-se também à ideia de "redução gradativa e consequente desaparecimento de determinada coisa/bem".[39]

Ao mesmo tempo, o conceito dessa palavra é definido de diversas maneiras na literatura[40], tendo referência desde a afirmação de que um produto obsoleto significa que "existe(m) outro(s) mais moderno(s)" ou "com tecnologia(s) diferente(s)" ou, simplesmente, "um produto em desuso". Nesse sentido, fica claro a polissemia que o significado da obsolescência contempla.

Entretanto, na tentativa de lidar com as emergências climáticas, alguns trabalhos ignoram as dimensões da obsolescência e acabam concentrando uma responsabilidade desproporcional da problemática a entidades específicas[41], como pessoas comuns, ao mesmo tempo que empresas não são consideradas como agentes capazes de operar na mitigação do problema em questão[42].

A título exemplificativo acerca desse tipo de operação poderíamos falar na criação de programas de reciclagem de produtos antigos em troca de descontos para compras futuras, o que promove uma falsa reputação de preocupação ambiental e atribui a responsabilidade da reciclagem adequada ao usuário. Dessa forma, é possível argumentar que esse julgamento representa

---

39 Priberam. Obsolescência. Dicionário Priberam da Língua Portuguesa.

40 CORNETTA, William. Obsolescência. Enciclopédia Jurídica da PUC SP, 2020.

41 HANIF, Muhammad Wasif; NAWAZ, Muhammad; WANG, Hui. Wastophobia: the driver of e-waste management-antecedents and consequences. **Frontiers in Psychology**, v. 16, p. 1537410, 2025. E BREMER, Christina; KNOWLES, Bran; FRIDAY, Adrian. Have we taken on too much?: A critical review of the sustainable HCI landscape. In: **Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. 2022. p. 1-11.

42 BISSCHOP, Lieselot; HENDLIN, Yogi; JASPERS, Jelle. Designed to break: planned obsolescence as corporate environmental crime. **Crime, Law and Social Change**, v. 78, n. 3, p. 271-293, 2022. BLEVIS, Eli. Sustainable interaction design: invention & disposal, renewal & reuse. In: **Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems**. 2007. p. 503-512.

um comportamento injusto e pode resultar em tentativas falhas de solucionar a adversidade, visto a sua tamanha complexidade e os diversos fatores que originam a preocupação com os seus efeitos negativos.

Apresentadas as problemáticas que operam na manutenção da obsolescência tecnológica, pode-se argumentar que é imprescindível analisar os multifatores que contribuem para o seu fomento na sociedade atual e atribuir as devidas responsabilidades dentro das possibilidades de resolução em cada área do conhecimento específica[43].

Eli Blevis, antes referenciado, define o comportamento sustentável como a "noção de futuros viáveis; inclusão de aspectos do meio ambiente, da saúde pública, da igualdade e da justiça social, bem como outras condições em escolhas relacionadas à humanidade e à biosfera".

Ao mesmo tempo, milhares de sucatas continuam sendo descartadas ao redor do mundo - como na África, que se tornou o mais novo destino mundial de equipamentos eletrônicos obsoletos; o mesmo pode se dizer dos lixões na América Latina. As grandes corporações, ao contrário, seguem dificultando a revitalização dos seus produtos, por meio de arquiteturas monolíticas[44].

A obsolescência pode ser discutida em duas dimensões: programada e percebida. A análise desses elementos é interdisciplinar, sendo abordados criticamente a partir de diversos domínios, como a Interação Humano-computador (IHC) e a Psicologia.

2.1 Obsolescência Programada

De acordo com *Bisschop, Hendlin e Jaspers*, a obsolescência programada se conceitua como a prática de projetar deliberadamente produtos para limitar sua vida útil, com o objetivo de incentivar sua substituição[45]. Logicamente, seu impulsionamento está mais próximo das decisões empresariais, já que essas instituições detêm o poder monetário, algorítmico, material e de mão de obra para a construção das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).

---

43 BISSCHOP; HENDLIN; JASPERS, 2022. BLEVIS, 2007.

44 BISSCHOP; HENDLIN; JASPERS, 2022. BLEVIS, 2007.

45 BISSCHOP; HENDLIN; JASPERS, 2022.

Apesar disso, alguns trabalhos reforçam ou expõem a ideia de que a culpa dos impactos negativos associados ao descarte e à produção prematura de componentes tecnológicos são, principalmente, de atores que são mais prejudicados do que, de fato, produtores de artefatos obsoletos. Isso é sustentado pelo argumento de que essas comunidades se mantêm numa cultura de consumo incessante.

Um exemplo disso é o conceito de *Wastophobia*, isso é, o sentimento de culpa, vergonha e aversão ao descarte desnecessário de um produto que ainda esteja apropriado para uso[46]. Com base numa revisão de literatura, o trabalho de Hanif, Nawaz e Wang elabora uma série de hipóteses a fim de confirmar que o sentimento de *wastophobia* gerado em indivíduos possui o poder necessário para romper com a produção descontrolada gerada por diversas empresas e a cultura desenfreada de consumo na sociedade.

Finalmente, o estudo chega a uma série de conclusões, que se tratam dessas hipóteses não rejeitadas, através de testes estatísticos. Gostaríamos de destacar as seguintes (enumeradas de acordo com o artigo original): a primeira hipótese estatui que "a conscientização sobre o consumo desperdiçador tem um impacto positivo significativo na *wastophobia*"; a segunda, aponta que "a consciência das consequências tem um impacto positivo significativo na *wastophobia*"; a terceira, destaca que "a *wastophobia* tem um impacto positivo significativo no desempenho criativo"; e, por fim, a quarta, estatui que "a *wastophobia* tem um impacto positivo significativo no comportamento pró-ambiental".

Argumentamos que, apesar de valiosas, afirmações nesse sentido podem enviesar um pensamento injusto de que os usuários comuns, os quais são tão afetados quanto beneficiados pelos efeitos da obsolescência, são capazes de serem salvadores da terra e agentes de transformação em problemas complexos. Um desses problemas, dada a magnitude, é a obsolescência programada. Portanto, é importante analisar criticamente afirmações da literatura que concentrem a culpa em únicos atores.

Bremer *et al.* reuniram críticas do campo da Interação Humano-computador Sustentável (IHCS) entre os anos de 2009 a 2018[47]. Dentre elas, diversos estudiosos refutam o pensamento "modelo simples", que acredita no poder das tecnologias ou soluções únicas para resolver problemas

---

46 HANIF; NAWAZ; WANG, 2025.

47 BREMER; KNOWLES; FRIDAY, 2022.

complexos, como a sustentabilidade. Os autores argumentam que, mediante as multifacetas que permeiam a insustentabilidade, é desproporcional desejar que a computação sozinha solucione esse problema.

Isso se justifica porque a sustentabilidade como um todo está relacionada às infraestruturas, tecnologias e instituições, e tudo isso precisa estar equilibrado com outras questões, considerando comportamentos sociais, culturais, etc. Com base nessa lógica, gostaríamos de seguir o mesmo raciocínio: não é justo que pesquisadores, indivíduos e quaisquer outros grupos se esforcem exaustivamente para promover a sustentabilidade, enquanto, de outro lado, empresas sigam fomentando o consumo e dificultando a longevidade, por exemplo, através de arquiteturas que dificultam a modularidade[48].

Nesse contexto, é possível concluir que, apesar da validade das hipóteses trazidas por Hanif, Nawaz e Wang[49], no mundo real, o poder de agência individual é dificultado e insuficiente diante dos esforços que grandes corporações movem para manter uma cultura de obsolescência programada e consumo incessante.

Em dezembro de 1924, os maiores produtores mundiais de lâmpadas, como a Philips e a General Electric, limitaram artificialmente a vida útil de seus produtos de 2.500 horas de funcionamento para 1.000 horas até 1940[50]. Nos Estados Unidos, 567 milhões de computadores novos com Sistema Operacional Windows foram adquiridos desde 1981 até 2007 e 267 milhões foram comprados entre 2002 e 2007, quase 90% da população estadunidense da época[51]. A Apple dificulta e desencoraja a troca doméstica de baterias dos seus iPhones, pois além de um procedimento complexo e arriscado, uma mensagem de aviso é exibida nos ajustes da bateria caso o procedimento dê certo[52].

A obsolescência programada foi defendida na campanha da "Sociedade do Descarte" para combater a crise econômica do pós-guerra nos Estados Unidos e na Europa[53]. Atualizações de software, mesmo que não apresentem

---

48 BISSCHOP; HENDLIN; JASPERS, 2022.

49 HANIF; NAWAZ; WANG, 2025.

50 Cosima Dannoritzer. **The light bulb conspiracy**, 2011. Disponível em: https://video.alexanderstreet.com/watch/the-light-bulb-conspiracy.

51 BLEVIS, 2007.

52 Apple Support. **About genuine iPhone batteries**. Disponível em: https://support.apple.com/en-us/103269.

53 ADAMSON, Glenn et al. **Industrial Strength Design** – How Brooks Stevens Shaped Your World. MIT Press, 2003.

grandes novidades, seguem tornando os aparelhos cada vez mais lentos, obrigando a troca prematura[54]. Portanto, é evidente a existência do forte movimento que rema à favor de uma cultura do descarte, do consumo e do lucro. Assim, ignorar todos esses fatores e se debruçar na ideia de que indivíduos consumidores são agentes totalmente racionais e capazes de solucionar um problema estrutural pode representar uma armadilha injusta.

Desse modo, é possível questionar se promover *wastophobia* em usuários como forma de persuasão ativa é a chave para solucionar o problema. Será mesmo que empresas, formuladores de políticas e pesquisadores devem focar em fazer o consumidor ter vergonha e culpa de desperdiçar, enquanto poderiam gastar energia para promover soluções sustentáveis, diante dos poderes econômicos, algorítmicos, governamentais e científicos que possuem?

Por que a *wastophobia* não poderia ser empregada nas empresas que produzem diretamente as tecnologias? Essas são questões pertinentes que acreditamos serem dignas de reflexão.

2.2 Obsolescência Percebida

Para além de questões arquiteturais e algorítmicas, o fomento do consumo e descarte prematuro de artefatos tecnológicos é impulsionado por fatores que atravessam a moda, o marketing e a noção de status social[55], gerando a obsolescência percebida. Ela diz respeito ao incentivo do consumidor a substituir os produtos por motivos relacionados à moda e preocupações estéticas, mesmo que eles funcionem extremamente bem[56].

Com o intuito de promover ainda mais a rotatividade de vendas e o lucro, os produtos de consumo passaram a ser projetados e anunciados para serem "um pouco mais novos, um pouco melhores, um pouco antes do que o necessário"[57], o que resultou em ciclos cada vez mais curtos de tendências populares, destinados a dissociar a obsolescência da utilidade real do produto e torná-la adjacente à percepção dos consumidores sobre aquilo que adquirem.

---

54 BISSCHOP; HENDLIN; JASPERS, 2022.

55 BISSCHOP; HENDLIN; JASPERS, 2022. BLEVIS, 2007.

56 MAYCROFT, Neil et al. Consumption, planned obsolescence and waste. University of Lincoln, p. 3-37, 2009.

57 ADAMSON et al, 2003.

As empresas, portanto, assumem a estratégia de lançar produtos em intervalos cada vez menores e com mudanças cada vez mais sutis, como uma cor nova, mas que são vendidas como uma inovação nunca vista antes[58]. A Apple, por exemplo, conseguiu transformar o seu iPod em um item de moda, tanto por meio do design quanto por meio do suporte sistêmico oferecido pelo iTunes[59], mesmo que o MP3 já não fosse uma grande novidade.

Nesse contexto, provocar que os setores de marketing e moda de produtos tornem a longevidade das tecnologias uma tendência e um desejo do consumidor pode ser uma possibilidade. Ao mesmo tempo, fazer com que as empresas tenham interesse em tornar isso possível representa um grande desafio, especialmente em um mercado que é movido pela concorrência e pelo lucro.

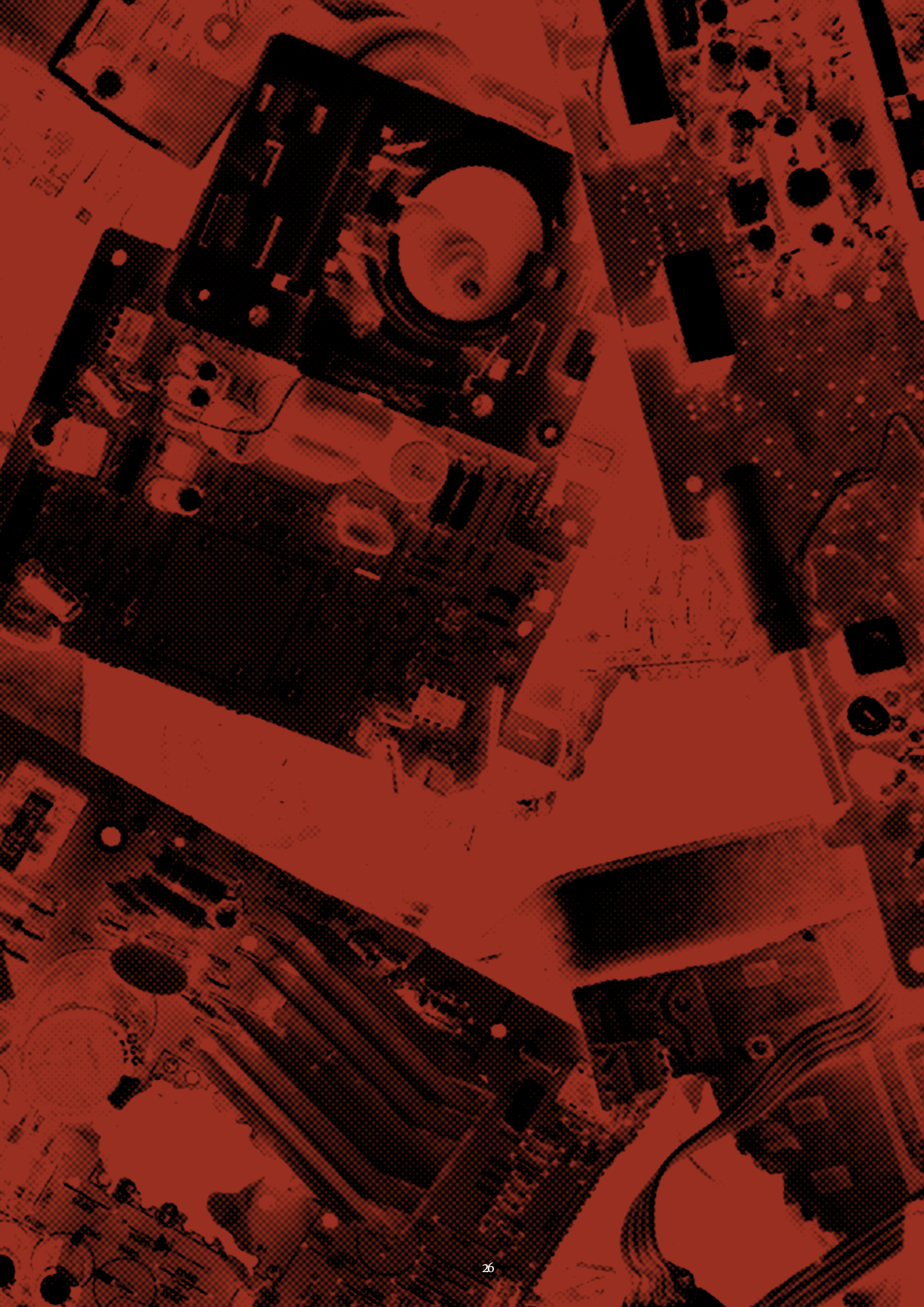
O esperado é que, se as pessoas começarem a preferir produtos digitais duradouros, que possam ser atualizados em vez de descartados, empresas, como a Apple, responderão com modelos adequados de moda, design e marketing, e outras seguirão o mesmo caminho.[60]

---

58 BISSCHOP; HENDLIN; JASPERS, 2022.

59 BLEVIS, 2007.

60 BLEVIS, 2007.



3. Conclusão: síntese e sugestões de melhoria para políticas no Brasil



Diante de todo o exposto, parece haver um cenário crítico ao processo rígido de construção das TICs que vão dos aspectos estruturais, econômicos, regulatórios e mesmo psicológicos - como no caso de iniciativas que impulsionam o desejo individual em possuir produtos duradouros.

Parece ser vital, e o óbvio precisa ser dito, que corporações, designers, economistas e entidades governamentais trabalhem em conjunto para reimaginar um novo modelo de comércio que torne a sustentabilidade relacionada ao lixo eletrônico possível para todas as partes. Dessa forma, pode ser possível desenfrear o descarte prematuro de artefatos tecnológicos e operar a favor da mitigação do consumo e do descarte excessivo na sociedade atual.

Segundo Souza e Corbin, a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida dos Produtos (ACV), por exemplo, pode ser uma ferramenta para garantir o descarte de lixo eletrônico adequadamente, possibilitando analisar os impactos do gerenciamento inadequado desses resíduos.[61]

Além disso, a implementação de estratégias de economia circular poderia ser um fator de redução significativa na economia da IA que interessa diretamente ao nosso estudo com: (1) atualização de servidores para modelos mais recentes, visando otimizar o desempenho dos data centers; (2) extensão da vida útil dos equipamentos por meio do aprimoramento das práticas de manutenção durante a fase de uso; (3) reaproveitamento de módulos-chave na fase de remanufatura; (4) aumento da eficiência computacional; (5) implementação de algoritmos computacionais avançados.[62]

---

61 SOUZA, Luciana Otoni de; CORBIN, Hisakhana Pahoona. Logística reversa e a sustentabilidade dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil: potencial e desafios. **Papers do NAEA**, v. 1, n. 1, 2025. DOI: https://doi.org/10.18542/papersnaea.v1i1.18575.

62 WANG, Peng; ZHANG, Ling-Yu; TZACHOR, Asaf; CHEN, Wei-Qiang. E-waste challenges of generative artificial intelligence. **Nature Computational Science**, v. 4, n. 11, p. 818–823, 2024. DOI: https://doi.org/10.1038/s43588-024-00712-6.

No mais, estabelecer metas de reaproveitamento de hardware, ao invés de meramente priorizar a reciclagem, também é um mecanismo ambientalmente responsável de gestão de resíduos eletrônicos, especialmente diante de uma economia cuja obsolescência é levada a enésima potência ao descartar componentes que não estão quebrados, mas que deixaram de funcionar em seu pleno potencial, mas que podem ser alocados em outros setores - como o educacional.

A agência do consumidor mostra-se insuficiente frente a práticas empresariais históricas e estruturais que resultam na cultura de obsolescência atual. Diante disso, a mitigação do lixo eletrônico, e sua produção, exige superar a perspectiva de persuasão focada unicamente na culpa do consumidor e redirecionar a cobrança para os setores que realmente detêm poderes estruturais (econômicos, algorítmicos e políticos) para soluções adequadas, como governos e empresas.

Possibilidades para projetar, considerando a sustentabilidade, incluem, por exemplo, o desenvolvimento de infraestruturas modulares, o incentivo a produtos duradouros e a transformação da longevidade tecnológica em um valor de mercado desejável.

Do ponto de vista do arcabouço regulatório, a PNRS brasileira ainda enfrenta desafios para funcionar de forma efetiva, sendo nosso país o maior gerador de resíduos eletroeletrônicos da América Latina e ainda assim tendo apenas 3% desse volume ingressando devidamente nos canais formais de coleta e reciclagem[63].

Esse desequilíbrio, somado à implementação desigual entre as regiões, deixa evidente que o princípio da responsabilidade compartilhada ainda não possui os mecanismos necessários para atuar no ciclo de vida dos produtos a nível nacional. Tal afirmação se aplica tanto à regulamentação, quanto à fiscalização e ao sistema operacional.[64] Essa fragilidade traz ao país como um todo uma vulnerabilidade para a contaminação ambiental e riscos severos à saúde da população causados pelos metais tóxicos.[65]

---

63 SCHNEIDER, Alice Frantz; AANESTAD, Margunn; CARVALHO, Tereza Cristina. Exploring barriers in the transition toward an established e-waste management system in Brazil: a multiple-case study of the formal sector. Environment, Development and Sustainability, 2026.

64 LIXO ELETRÔNICO: mundo bate recorde histórico de geração de resíduo. Blog Green Eletron, 2024. Disponível em: https://greeneletron.org.br/blog/lixo-eletronico-mundo-bate-recorde-historico-de-geracao-de-residuo/.

65 FRANCO, Adriana dos Santos; MOREIRA, Cleumar da Silva; NASCIMENTO, Velber Xavier; MIRANDA, Paulo Rogério Barbosa de; CABRAL, Adriane Borges. Danos causados à saúde humana pelos metais tóxicos presentes no lixo eletrônico. Diversitas Journal, Santana do Ipanema, v. 6, n. 2, p. 2025-2039, abr./jun. 2021. DOI: https://doi.

Referente a economia, a desoneração fiscal e o enfrentamento dos custos e logística se tornam prioridade quando o objetivo é dar viabilidade ao setor formal. A cadeia de reciclagem é prejudicada pelo ICMS tanto no início do ciclo quanto na movimentação posterior com os resíduos pós-consumo, gerando uma tributação dupla que compromete a competitividade dentro do mercado informal[66].

Além disso, por conta das dimensões continentais do país e da dependência do transporte rodoviário, há uma elevação dos custos[67]. Buscando viabilizar a transição para a economia circular, as políticas públicas devem promover uma maior equalização fiscal e dar apoio a expansão de redes de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), garantindo que haja incentivos fiscais para estruturar a coleta e o transporte dos produtos de forma adequada[68].

Já nas questões referentes às dimensões regulatórias e industriais, existe uma persistente desconexão entre a concepção dos produtos e o gerenciamento após o consumo[69]. A falta de padronização e identificação dos tipos de material nas carcaças dificultam a triagem e induzem a sub-reciclagem[70]. Portanto, torna-se necessário o aprimoramento da harmonização das legislações estaduais, impondo diretrizes compulsórias de eco-design[71], trazendo obrigações de rotulagem dos plásticos, a facilitação do desmonte manual dos produtos e o incentivo de reparações que prolonguem a vida útil dos equipamentos[72].

De forma paralela, há também a falta de transparência presente na cadeia produtiva e a vulnerabilidade dos dados confidenciais dificultam o encaminhamento dos lotes corporativos e individuais para a reciclagem da forma devida[73]. Sendo assim, nasce a necessidade de implementar sistemas públicos de rastreabilidade para a cadeia como forma indispensável de monitoramento do fluxo dos resíduos durante todo o processo[74].

---

org/10.17648/diversitas-journal-v6i2-1626.

66 SCHNEIDER; AANESTAD; CARVALHO, 2026.

67 SCHNEIDER; AANESTAD; CARVALHO, 2026.

68 GREEN ELETRON (blog), 2024.

69 ABREE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM DE ELETROELETRÔNICOS E ELETRODOMÉSTICOS. Economia circular: como promover a sustentabilidade na indústria de eletroeletrônicos e eletrodomésticos.

70 SCHNEIDER; AANESTAD; CARVALHO, 2026.

71 SCHNEIDER; AANESTAD; CARVALHO, 2026.

72 ABREE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM DE ELETROELETRÔNICOS E ELETRODOMÉSTICOS. Economia circular: como promover a sustentabilidade na indústria de eletroeletrônicos e eletrodomésticos.

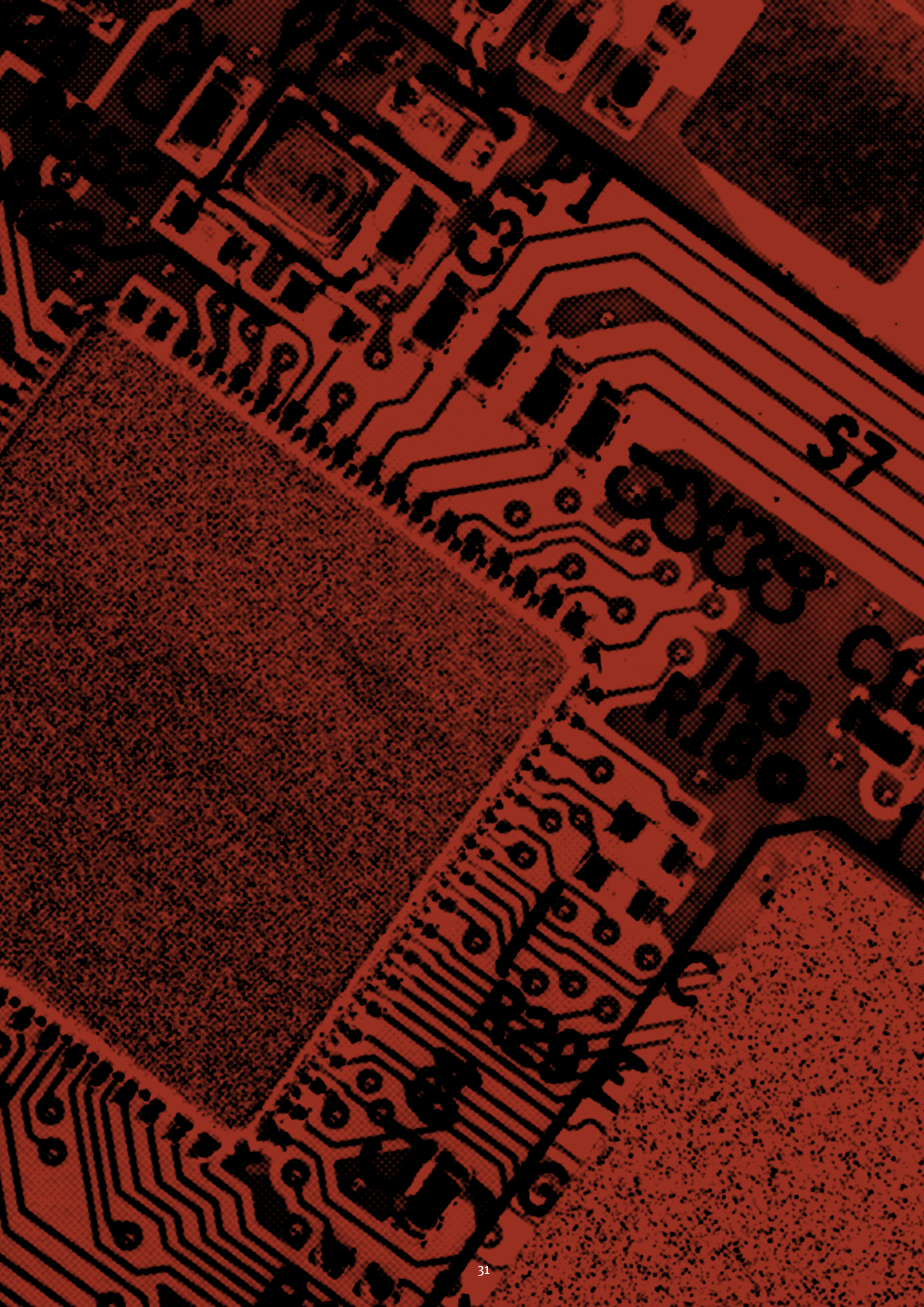
73 SCHNEIDER; AANESTAD; CARVALHO, 2026.

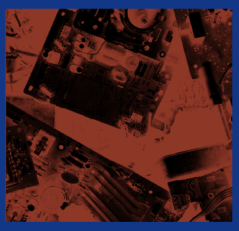
74 SCHNEIDER; AANESTAD; CARVALHO, 2026.

Por fim, compreende-se que existe a necessidade de fomentação dos modelos de cooperação sócio-digital por parte da política ambiental, nos quais a destinação dos resíduos financia o recondicionamento dos computadores para projetos de inclusão social e pesquisas científicas[75].

Em meio a todos esses desafios, a opção atual do Brasil parece ser o favorecimento de "um mundo ao contrário", onde todas as práticas pró meio ambiente são solapadas por uma atração irrestrita e acrítica de centros de dados ao país. Nesse cenário, de maneira geral, consequentemente será rebaixada nossa capacidade de reciclar e circular em reuso o lixo eletrônico.

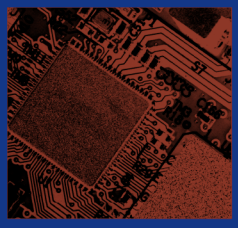
75 SCHNEIDER; AANESTAD; CARVALHO, 2026.







Instituto de
Pesquisa em
Direito & Tecnologia
do Recife





acesse **ip.rec.br**

@ip.rec @institutoiprec @ip.rec LinkedIn/company/institutoiprec