



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SUSTENTABILIDADE: REGULAÇÃO JURÍDICA PARA MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Giulianna de Miranda Brandalise¹
Giovana Beatriz Riehs Lucaora²

INTRODUÇÃO

O presente trabalho possui como objeto a inteligência artificial e sustentabilidade: regulação jurídica para mitigação de impactos ambientais. O seu objetivo é examinar como a regulação jurídica pode garantir o uso sustentável da inteligência artificial e reduzir seus impactos ambientais.

Nesse prisma, o item 2 discorre acerca dos impactos ambientais das inteligências artificiais. Por outro lado, o item 3 aborda os Marcos Regulatórios Existentes, analisando instrumentos legais como o Projeto de Lei n.º 21-A de 2020 e o Projeto de Lei n.º 2.338/2023, destacando suas disposições, avanços e limitações na regulação da inteligência artificial e na promoção de seu uso sustentável.

Além disso, o item 4 enfatiza os Princípios Jurídicos para uma Regulação Sustentável da IA, incluindo o princípio da precaução, o princípio do poluidor-pagador, a logística reversa e a responsabilidade social das empresas, evidenciando como esses fundamentos orientam o desenvolvimento ético, seguro e ambientalmente responsável da inteligência artificial.

O item 5, Propostas Normativas, apresenta soluções para mitigar os impactos ambientais da inteligência artificial, ressaltando a necessidade de uma abordagem multifacetada, que combine inovação tecnológica e regulação jurídica. O objetivo é harmonizar o desenvolvimento das IA com a sustentabilidade ecológica.

¹ Doutoranda na Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), com dupla titulação pela Universidade de Perugia (Itália), com bolsa da FAPESC. Mestre em Ciência Jurídica pela Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), com dupla titulação pela Widener Law School de Delaware (EUA).

² Professora na Graduação do Curso de Direito da UNIASSELVI (Itajaí/SC). Doutoranda na Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), com bolsa da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC).



Por fim, utiliza-se o método indutivo para a elaboração do presente artigo, tanto na fase de investigação, quanto na apresentação dos resultados, sendo adotadas as técnicas do Referente, da Categoria, do Conceito Operacional e da Pesquisa Bibliográfica.

1 OS IMPACTOS AMBIENTAIS DAS INTELIGÊNCIAS ARTIFICIAIS

Se por um lado a inteligência artificial se tornou um dos maiores símbolos do avanço tecnológico contemporâneo, de outro, seus impactos ambientais vêm sendo cada vez mais evidenciados e demandam ser mitigados. Compreender que os mecanismos e os processos que perfazem todo o seu ciclo de vida, (desde a mineração de insumos, à fabricação do hardware, passando pelo treinamento e operação de modelos, até o descarte de resíduos eletrônicos), gera custos ambientais numa escala global, é de suma relevância.

Segundo a Armando Kolbe Junior, “um estudo publicado na revista *Nature Climate Change*, em 2022, estimou que a IA poderá representar 10% das emissões globais de gases de efeito estufa até o ano de 2040”³. A dimensão do problema é ampliada pelo fato de que, como destaca a mesma fonte, “o uso da IA não está restrito a computadores pessoais ou celulares. Ele requer servidores poderosos, grandes quantidades de energia elétrica e sistemas de resfriamento complexos, todos altamente poluentes”⁴.

A autora Vanessa Ferrari sugere que a os impactos climáticos relacionados às inteligências artificiais pode ser vista como uma “reedição simbólica das antigas chaminés industriais”⁵. Essa metáfora sugere que, assim

³ KOLBE JUNIOR, Armando. **Inteligência artificial e o desafio da poluição ambiental**. 2024. Disponível em: <<https://www.uninter.com/noticias/inteligencia-artificial-e-o-desafio-da-poluicao-ambiental#:~:text=Entretanto%2C%20o%20uso%20da%20IA,at%C3%A9%20o%20ano%20de%202040.>>>. Acesso em: 20 set. 2025.

⁴ KOLBE JUNIOR, Armando. **Inteligência artificial e o desafio da poluição ambiental**. 2024. Disponível em: <<https://www.uninter.com/noticias/inteligencia-artificial-e-o-desafio-da-poluicao-ambiental#:~:text=Entretanto%2C%20o%20uso%20da%20IA,at%C3%A9%20o%20ano%20de%202040.>>>. Acesso em: 20 set. 2025.

⁵ FERRARI, Vanessa. A Inteligência Artificial e seus Impactos Ambientais Negativos e Positivos. **Cadernos Jurídicos**, São Paulo, v. 24, n. 65, p. 201-212, jan.-mar. 2023. Disponível em: <https://www.tjsp.jus.br/download/EPM/Publicacoes/CadernosJuridicos/65%2011.pdf?d=638386085705338683>. Acesso em: 20 set. 2025.



como a Revolução Industrial trouxe avanços transformadores a um alto custo ambiental, a revolução digital provocada pela IA está replicando tais padrões, gerando externalidades negativas que, se não gerenciadas em tempo hábil, podem comprometer drasticamente os parâmetros ambientais atuais. O termo "artificial" inclusive, é considerado um "grande engano" do ponto de vista ecológico, pois a infraestrutura que sustenta a IA é particularmente material, dependente de recursos finitos e de processos de alto impacto⁶. A investigação que permeia o presente estudo, busca portanto, detalhar neste tópico, a materialidade, examinando a pegada física, energética e hídrica da IA, bem como os desafios de mensuração e os impactos indiretos que tornam a sua cadeia ecológica um tema complexo e urgente de ser abordado.

Verifica-se que para as inteligências artificiais a dependência do composto orgânico se inicia desde sua concepção: o ciclo de vida de um sistema começa muito antes de seu treinamento ou uso, já na fase de fabricação de hardware⁷. A produção dos componentes essenciais como servidores, processadores e chips eletrônicos requerem a extração de recursos naturais essenciais, como o lítio e o cobalto⁸. O processo de mineração destes recursos é inclusive, notoriamente poluente e, em muitos casos, está associado a conflitos sociais e à degradação ambiental, especialmente em países em desenvolvimento, onde a maior parte desses recursos é extraída⁹.

6 FERRARI, Vanessa. A Inteligência Artificial e seus Impactos Ambientais Negativos e Positivos. **Cadernos Jurídicos**, São Paulo, v. 24, n. 65, p. 201-212, jan.-mar. 2023. Disponível em: <https://www.tjsp.jus.br/download/EPM/Publicacoes/CadernosJuridicos/65%2011.pdf?d=638386085705338683>. Acesso em: 20 set. 2025.

7 WINTER, Lena; ZÜGER, Theresa. **Blind spot sustainability: Making AI's environmental impact measurable**. Alexander von Humboldt Institut für Internet und Gesellschaft, 30 jul. 2025. Disponível em: <https://www.hiig.de/en/making-ais-environmental-impact-measurable/>. Acesso em: 20 set. 2025.

8 BENTO, Alexandre Vidal. **Qual o Impacto da Inteligência Artificial no Meio Ambiente?** Mata Nativa, 7 fev. 2025. Disponível em: https://matanativa.com.br/___trashed/. Acesso em: 20 set. 2025.

9 Conforme referências: GROSS, Terry. **Como a "escravidão moderna" no Congo impulsiona a economia das baterias recarregáveis**. NPR, 1 fev. 2023. Disponível em: <https://www.npr.org/sections/goatsandsoda/2023/02/01/1152893248/red-cobalt-congo-drc-mining-siddharth-kara>. Acesso em: 15 ago. 2025; e ZHENG, March. **Os impactos ambientais**



Para fins de ilustração, o relatório da UNCTAD (Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento)¹⁰ destaca que a produção de um único computador de 2 kg exige a extração de 800 kg de matérias-primas. Em contraponto, a obsolescência acelerada do hardware, impulsionada pela rápida evolução da tecnologia, gera um volume crescente de resíduos, o chamado e-waste.¹¹ E não só pelo volume, o ponto de maior preocupação reside no descarte inadequado desses equipamentos digitais que representam uma ameaça séria ao meio ambiente e à saúde humana, pois tais resíduos contêm produtos químicos nocivos, como chumbo, mercúrio e cádmio, que podem contaminar o solo e a água.¹²

Essa constatação desmistifica a concepção segundo a qual a inteligência artificial existiria exclusivamente no mundo etéreo, pois sua operacionalização depende exclusivamente de uma relação simbiótica com o meio físico e material. Verifica-se portanto, uma dependência intensiva de minerais, que evidenciam tanto a pegada física substancial na cadeia das IAs, quanto exacerba as desigualdades ambientais globais. Esse modelo de produção contradiz a narrativa de que o progresso digital é universalmente benéfico e isento de custos ambientais.

A materialidade da IA, contudo, não se esgota na extração de minerais e no problema do e-waste. O consumo energético emerge como a dimensão mais imediata e visível de seus impactos ambientais. Modelos de linguagem grande porte como o GPT-4 exigem uma imensa capacidade computacional para serem

da mineração de lítio e cobalto. *Earth.org*, 31 mar. 2023. 5 minutos. Disponível em: <https://earth.org/lithium-and-cobalt-mining/>. Acesso em: 15 ago. 2025.

10 UNCTAD. Digital Economy Report 2024: Shaping an environmentally sustainable and inclusive digital future. **Geneva: United Nations Conference on Trade and Development, 2024.** Disponível em: https://unctad.org/system/files/official-document/der2024_en.pdf. Acesso em: 16 ago. 2025.

11 GRÖGER, Jens *et al.* **The environmental impact of artificial intelligence.** Oeko Institute, 2023. Disponível em: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Report_KI_ENG.pdf. Acesso em: 26 set. 2025.

12 KANUNGO, Alokya. **The Green Dilemma: Can AI Fulfil Its Potential Without Harming the Environment?** Global Commons, 18 jul. 2023. Disponível em: <https://earth.org/the-green-dilemma-can-ai-fulfil-its-potential-without-harming-the-environment/>. Acesso em: 15 ago. 2025.



treinados. Estima-se que os data centers, onde o processamento das IA's ocorrem, já são responsáveis por quase 1,4% do consumo global de eletricidade. E os dados são ainda mais alarmantes: a Agência Internacional de Energia (AIE) projeta que a demanda destes centros devem aumentar mais de 75% entre 2022 e 2026, com o consumo podendo chegar a 3% do gasto global de eletricidade até 2030. Esse número seria equivalente ao consumo anual combinado entre países como a França e a Alemanha. O principal vetor desse aumento é a popularidade da ferramenta. Para fins comparativos, uma simples pergunta ao ChatGPT, por exemplo, consome dez vezes mais energia do que uma busca similar no Google.¹³

A natureza da fonte de energia consumida é um viés crítico a ser observado, uma vez que se a eletricidade dos data centers vier majoritariamente de fontes fósseis, a pegada de carbono das IA's aumentará em escalas exponenciais. No entanto, a solução para esse problema não reside apenas em tornar os algoritmos e hardwares mais eficientes: mesmo que a eficiência energética da computação continue a melhorar, esse avanço seria constantemente anulado pelo crescimento explosivo e contínuo da demanda por processamento. É precisamente este o paradoxo descrito pela "Lei de Koomey" no qual observa-se que, embora a quantidade de computações por kilowatt-hora dobre a cada aproximadamente 1,5 anos, o volume total de operações cresce de tal forma que o consumo energético agregado não diminui, podendo até aumentar. Portanto, os ganhos em eficiência são insuficientes por si só para resolver o problema, tornando a transição para fontes renováveis de energia uma condição indispensável para mitigar o impacto climático da IA¹⁴.

Se o consumo energético já revela a intensidade da pegada ecológica da IA, o impacto hídrico mostra-se ainda mais invisibilizado, mas igualmente dramático. A pressão sobre esses recursos é frequentemente ignorada e em

13 EXAME. **Impacto ambiental da IA generativa em cinco números**. 1 fev. 2025. Disponível em: <https://exame.com/esg/impacto-ambiental-da-ia-generativa-em-cinco-numeros/>. Acesso em: 20 set. 2024.

14 KOOMEY, J. G. *et al.* Assessing trends in the electrical efficiency of computation over time. *IEEE Annals of the History of Computing*, v. 17, 2009.



contraponto, é gigantesca: a operação dos data centers exige um grande volume de água para o resfriamento dos servidores e para evitar o superaquecimento dos equipamentos:

Por exemplo, o processo de treinamento do GPT-3 em data centers de ponta da Microsoft nos Estados Unidos pode resultar no consumo direto de 700 mil litros de água doce (quantidade suficiente para fabricar 370 carros BMW ou 320 veículos elétricos Tesla).¹⁵

A demanda hídrica é um problema particularmente grave em regiões com escassez de água¹⁶. O data center do Google em Santiago, Chile, é um exemplo notório, onde o consumo de água agrava a seca local e tem gerado protestos de comunidades que vivem próximas à instalação¹⁷.

Não obstante, as projeções de especialistas indicam que a crise hídrica causada pelo crescimento acelerado do uso das inteligências artificiais tende a se intensificar cada vez mais, o que torna a dinâmica ainda mais preocupante: o consumo global de água por data centers, que foi de 175 bilhões de litros em 2023, e é projetado para mais que triplicar, atingindo 664 bilhões de litros até 2030¹⁸, intensificando crises de escassez existentes e impondo pressões insustentáveis sobre ecossistemas já fragilizados.

Diante desse quadro multifacetado de pressões ambientais - minerais, energéticas e hídricas - torna-se inadiável examinar como os marcos regulatórios existentes enfrentam (ou deixam de enfrentar) esses desafios. É nesse contexto

15 FERRARI, Vanessa. A Inteligência Artificial e seus Impactos Ambientais Negativos e Positivos. **Cadernos Jurídicos**, São Paulo, v. 24, n. 65, p. 201-212, jan.-mar. 2023. Disponível em: <https://www.tjsp.jus.br/download/EPM/Publicacoes/CadernosJuridicos/65%2011.pdf?d=638386085705338683>. Acesso em: 20 set. 2025. P, 205.

16 REN, Shaolei; WIERMAN, Adam. **A distribuição desigual dos impactos ambientais da IA**. Harvard Business Review, 15 jul. 2024. Disponível em: <https://hbr.org/2024/07/the-uneven-distribution-of-ais-environmental-impacts?language=pt>. Acesso em: 15 ago. 2025.

17 MÜLLER, Natalie. **Como a inteligência artificial prejudica o meio ambiente**. Deutsche Welle, 8 ago. 2023. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/deutschewelle/2023/08/08/como-a-inteligencia-artificial-prejudica-o-meio-ambiente.htm>. Acesso em: 15 set. 2025.

18 GRÖGER, Jens *et al.* **The environmental impact of artificial intelligence**. Oeko Institute, 2023. Disponível em: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Report_KI_ENG.pdf. Acesso em: 26 set. 2025.



portanto, que se insere a presente discussão sobre a necessidade de uma regulação sustentável da IA.

2 MARCOS REGULATÓRIOS EXISTENTES

Inicialmente, é importante destacar o Projeto de Lei n. 21-A de 2020, por sua vez arquivado, o qual estabeleceu fundamentos, princípios e diretrizes para o desenvolvimento e a aplicação da inteligência artificial no Brasil.

Segundo este texto jurídico, "considera-se sistema de inteligência artificial o sistema baseado em processo computacional que, a partir de um conjunto de objetivos definidos por humanos", pode, através do processamento de dados e de informações, aprender a perceber e a interpretar o ambiente externo, bem como a interagir com ele.¹⁹

O projeto possuiu como fundamentos o respeito aos direitos humanos, à igualdade, à pluralidade, à não-discriminação, à livre iniciativa e à privacidade e possui diversos pontos positivos. Dentre eles, citam-se os princípios para o uso responsável de inteligência artificial no Brasil (artigo 6º).

Ainda, o respectivo projeto apontou a importância da transparência no uso de inteligência artificial e previu a figura do "agente de inteligência artificial" que poderia ser tanto aquele que desenvolve e implanta um sistema de inteligência artificial, ou seja, nos termos do projeto de lei, o "agente de desenvolvimento", como aquele que o opera, ou "agente de operação". Tais agentes seriam detentores de uma série de deveres, tais como: responder legalmente pelas decisões tomadas por um sistema de inteligência artificial e assegurar que os dados utilizados respeitam a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).²⁰

Outra inovação do projeto seria a criação do relatório de impacto de inteligência artificial, um documento elaborado pelos agentes de inteligência

19 CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei n. 21-A de 2020**. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2129459&filename=REDACAO+FINAL+PL+21%2F2020&utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 28 set. 2025.

20 ROMAN, Juliana. **Inteligência Artificial no Brasil: a estratégia brasileira de inteligência artificial (EBIA) e o Projeto de Lei n. 21/2020**. Instituto de Referência em Internet e Sociedade. Outubro de 2021. Disponível em: <https://irisbh.com.br/inteligencia-artificial-no-brasil-a-estrategia-brasileira-de-inteligencia-artificial-ebia-e-o-projeto-de-lei-no-21-2020/>. Acesso em: 28 set. 2025.



artificial com a descrição da tecnologia, o qual iria incluir medidas de gerenciamento e contenção de riscos. O texto também previu que o poder público estimularia a adoção de inteligência artificial nos serviços públicos, apoiaria pesquisas na área, capacitaria pessoas para que adaptassem à nova realidade tecnológica e criaria mecanismos de governança.²¹

Sublinha-se que o referido projeto foi arquivado. Muito embora apresentasse diversos pontos positivos, o texto jurídico foi alvo de críticas em razão de seu caráter excessivamente genérico e da carência de fundamentos técnicos mais aprofundados. Diante dos impactos severos que o uso da inteligência artificial pode acarretar para a sociedade, torna-se necessária uma regulamentação robusta e eficaz, que vá além de um texto legal de aplicação limitada à realidade prática. ²²

Ademais, observa-se que o projeto concentrava-se principalmente na proteção de direitos fundamentais, na transparência e na responsabilidade, sem conferir centralidade à dimensão da sustentabilidade.

Posteriormente, em 2024, o Senado Federal aprovou o Projeto de Lei n.º 2.338/2023, que estabeleceu um novo marco regulatório para a inteligência artificial no Brasil. O texto foi encaminhado à Câmara dos Deputados, onde ainda se encontra em tramitação, seguindo as etapas típicas de análise nas comissões legislativas.

O texto aprovado [...] é um substitutivo do senador Eduardo Gomes (PL-TO) que tem como base o PL 2.338/2023, projeto de lei apresentado por Rodrigo Pacheco, presidente do Senado. E esse projeto, por sua vez, surgiu a partir de um anteprojeto elaborado por uma comissão de juristas. O substitutivo também engloba dispositivos sugeridos em outras sete propostas — inclusive no PL 21/2020, já aprovado pela Câmara dos Deputados — e em dezenas de emendas de diversos senadores.²³

21 ROMAN, Juliana. **Inteligência Artificial no Brasil**: a estratégia brasileira de inteligência artificial (EBIA) e o Projeto de Lei n. 21/2020. Acesso em: 28 set. 2025.

22 ROMAN, Juliana. **Inteligência Artificial no Brasil**: a estratégia brasileira de inteligência artificial (EBIA) e o Projeto de Lei n. 21/2020. Acesso em: 28 set. 2025.

23 SENADO FEDERAL. **Senado aprova regulamentação da inteligência artificial**; texto vai à Câmara. Senado Notícias. 2024. Disponível em:



Segundo o senador Carlos Viana, o respectivo projeto busca garantir o respeito ao ser humano e o princípio da privacidade. ” A possibilidade de que uma pessoa, quando vítima de uma determinada tecnologia, ela automaticamente tenha acesso para entender de onde isso veio, como aconteceu” e, especialmente, possa se defender daquilo que está sendo colocado.²⁴

Ainda, o texto divide os sistemas de inteligência artificial em níveis de risco, o qual oferece uma regulamentação distinta para os de alto risco, a depender do impacto do sistema na vida humana e nos direitos fundamentais. Também, proíbe o desenvolvimento de aplicações de inteligência artificial que apresentem risco excessivo. Não obstante, uma das principais alterações da última versão do texto, é em relação ao caráter facultativo da avaliação preliminar dos sistemas de inteligência artificial. ²⁵Nesse sentido, complementa a Agência do Senado:

O objetivo dessa avaliação preliminar é determinar o grau de risco do sistema, que dependerá de suas finalidades e do seu impacto. Ela deve ser realizada pelos próprios agentes — isto é, os desenvolvedores, fornecedores ou aplicadores do sistema, conforme o caso —, antes da disponibilização do sistema no mercado.

De acordo com o substitutivo, a avaliação preliminar só será obrigatória para os sistemas generativos e de propósito geral. Para os demais casos, ela será facultativa, mas será considerada uma medida de boa prática, podendo resultar em benefícios para os agentes (como prioridade em avaliações de conformidade).²⁶

https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2024/12/10/senado-aprova-regulamentacao-da-inteligencia-artificial-texto-vai-a-camara?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 28 set. 2025.

24 SENADO FEDERAL. **Senado aprova regulamentação da inteligência artificial**; texto vai à Câmara. Senado Notícias.. Acesso em: 28 set. 2025.

25 SENADO FEDERAL. **Senado aprova regulamentação da inteligência artificial**; texto vai à Câmara. Senado Notícias.. Acesso em: 28 set. 2025.

26 SENADO FEDERAL. **Senado aprova regulamentação da inteligência artificial**; texto vai à Câmara. Senado Notícias.. Acesso em: 28 set. 2025.



Outro avanço significativo do substitutivo aprovado pelo Senado é a previsão de direitos para pessoas afetadas por sistemas de inteligência artificial.

O texto assegura, por exemplo, o direito à informação prévia de que está interagindo com sistemas de inteligência artificial; direito à privacidade e proteção de dados pessoais; direito à não discriminação ilícita e à correção de vieses discriminatórios; além do uso de linguagem simples e clara para crianças, adolescentes, idosos e pessoas com deficiência; direito à explicação sobre a decisão tomada pelo sistema de inteligência artificial; direito à contestação das decisões e a revisão humana das decisões. 27

O respectivo substitutivo também prevê sanções administrativas e responsabilização civil, desde advertências até multas altas, suspensão e proibição de tratar determinados dados.

Sublinha-se que o texto estabelece um papel importante para a Autoridade Nacional de Proteção de Dados (ANPD). O texto atribui à ANPD competências normativas, regulatórias e sancionatórias em áreas sem órgão regulador setorial específico, além de designá-la coordenadora do Sistema Nacional de Regulação e Governança de Inteligência Artificial (SIA).²⁸

Por outro lado, o texto jurídico também não se absteve de críticas. Dentre elas, citam-se o artigo 1º, §1º, que utiliza redações genéricas para definir quais sistemas de inteligência artificial estariam sujeitos às obrigações da lei. "Essa abordagem pode resultar em uma regulação que se aplica apenas a um número restrito de sistemas, tornando a legislação inócua". Ademais, acrescenta Marcos Wachowicz²⁹:

Além disso, a mudança no artigo 12, que torna opcionais as avaliações preliminares de risco antes da disponibilização de sistemas de IA, representa um retrocesso significativo. A obrigatoriedade dessas avaliações é fundamental para garantir

27 SENADO FEDERAL. **Senado aprova regulamentação da inteligência artificial**; texto vai à Câmara. Senado Notícias.. Acesso em: 28 set. 2025.

28 SENADO FEDERAL. **Senado aprova regulamentação da inteligência artificial**; texto vai à Câmara. Senado Notícias.. Acesso em: 28 set. 2025.

29 WACHOWICZ, Marcos. **Projeto de Lei n. 2338/2023**: desafios da regulamentação da IA. IODA. Dezembro de 2024. Disponível em: <https://ioda.org.br/publicacoes/radar-legislativo-ioda/projeto-de-lei-no-2-338-2023-desafios-da-regulamentacao-da-ia/>. Acesso em: 28 set. 2025.



que apenas sistemas que atendam a critérios rigorosos de segurança e ética sejam introduzidos no mercado.

As medidas de governança, que deveriam ser obrigatórias para sistemas de alto risco, foram flexibilizadas, permitindo que a mitigação de vieses discriminatórios ocorra apenas quando o risco for identificado. Essa abordagem pode resultar em uma falta de proatividade na prevenção de discriminações, o que é inaceitável em um contexto onde a IA pode perpetuar desigualdades sociais.³⁰

Outro ponto que merece atenção é o artigo 25, §8º, o qual por sua vez, diminui a participação pública nos processos de prestação de contas e nas avaliações de impacto³¹, que enfraquece mecanismos democráticos de controle. Outrossim, a exclusão de mecanismos que garantem supervisão humana em contextos sensíveis (como por exemplo: punições disciplinares, demissões) é considerada um retrocesso grave que pode expor trabalhadores a decisões arbitrárias e desumanizadoras.³²

Por último, há preocupação de que pressões de empresas tecnológicas e associações industriais possam restringir dispositivos de atualização tecnológica, comprometendo a eficácia da regulação.³³

De forma resumida, observa-se que tanto o arquivado projeto de lei n. 21-A de 2020, quanto o substitutivo do projeto de lei n. 2338/2023 representam avanços importantes, na tentativa de estruturar um marco regulatório para a inteligência artificial no país brasileiro, todavia, a dimensão ambiental ainda aparece de forma implícita, sem dispositivo específico voltado para a diminuição dos impactos ambientais gerados pelo desenvolvimento e uso de tecnologias de inteligência artificial.

30 WACHOWICZ, Marcos. **Projeto de Lei n. 2338/2023**: desafios da regulamentação da IA. Acesso em: 28 set. 2025.

31 WACHOWICZ, Marcos. **Projeto de Lei n. 2338/2023**: desafios da regulamentação da IA. Acesso em: 28 set. 2025.

32 WACHOWICZ, Marcos. **Projeto de Lei n. 2338/2023**: desafios da regulamentação da IA. Acesso em: 28 set. 2025.

33 WACHOWICZ, Marcos. **Projeto de Lei n. 2338/2023**: desafios da regulamentação da IA. Acesso em: 28 set. 2025.



3 PRINCÍPIOS JURÍDICOS PARA UMA REGULAÇÃO SUSTENTÁVEL DA IA

Inicialmente, destaca-se a relevância do princípio da precaução. Tal princípio é uma proteção antecipatória do ambiente e anterior ao princípio da prevenção, pois este requer que os perigos comprovados sejam eliminados por atitudes a serem tomadas antes que o dano ambiental ocorra.³⁴

A aplicação deste princípio deve ser considerada quando restar caracterizada a ausência de absoluta certeza científica da não ocorrência do dano ambiental, da impossibilidade de identificar perigo de dano grave ou irreversível, da intolerância da agressão ambiental, e tem por conseguinte, a inversão do ônus da prova no processo judicial, ou seja, o autor do risco deverá comprovar que sua conduta não produzirá danos ao ambiente. Ele se aplica bastando a dúvida ou incerteza de haver lesão ao meio ambiente. Se não ficar comprovado que a atividade pretendida não danificará ou não alterará de forma intolerável as características existentes do ambiente, o autor fica impossibilitado de exercer as atividades pretendidas.³⁵

Ante os riscos do desenvolvimento de tecnologias e sistemas de inteligência artificial, o princípio da precaução deve ser adotado como base e princípio regulador no cenário do desenvolvimento e implementação de novas tecnologias de inteligência artificial. Desse modo, o respectivo princípio se demonstra essencial para o controle e a garantia da segurança em contextos de incerteza, pois arrasta a responsabilidade dos fornecedores e desenvolvedores de novas tecnologias para o foco do evitamento do dano, como responsabilidade *ex ante*, ou seja, preventiva, antes mesmo da inserção na sociedade.³⁶

34 CUNHA, Guilherme Farias et al. **Princípio da precaução no Brasil após a Rio-92**: impacto ambiental e saúde humana. Scielo Brasil. Setembro de 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/asoc/a/GWcKZ45869ZvpvRKHP65xgv/?format=html&lang=pt&utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 28 set. 2025.

35 CUNHA, Guilherme Farias et al. **Princípio da precaução no Brasil após a Rio-92**: impacto ambiental e saúde humana. Acesso em: 28 set. 2025.

36 FACHINI, Ana. **Inteligência artificial e riscos**: a precaução como fundamento e princípio regulador para o desenvolvimento e implementação de novas tecnologias. Programa de Apoio à Iniciação Científica - PAIC 2023 -2024. p. 335. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/608+-+Intelig%C3%Aancia+Artificial+e+Riscos++A+Precau%C3%A7%C3%A3o+como+Fundamento>



Além disso, tem-se o princípio do poluidor-pagador, o qual se pode detectar dois aspectos importantes: a imputação da responsabilidade pelo dano ambiental ao poluidor, de forma que o este seja obrigado a reparar o meio ambiente degradado e a inserção no custo final do processo produtivo dos custos ambientais, normalmente externalizados, decorrentes do dano ambiental por ele causado ou que possa ser por ele causado.³⁷

Com relação a inteligência artificial, as empresas que operam data centers ou desenvolvem soluções de IA podem ser responsabilizadas pelos danos ambientais que causam, com base no princípio do poluidor-pagador, consagrado no artigo 225, §3º, da Constituição Federal brasileira. Tal princípio implica responsabilidade objetiva, ou seja, independe de dolo ou culpa, bastando a comprovação do dano ambiental e do nexo de causalidade. Nesse sentido, é fundamental que as empresas estejam atentas às suas práticas operacionais e busquem estratégias de mitigação de impacto ambiental para evitar passivos legais e reputacionais.³⁸

Ademais, a responsabilidade socioambiental da empresa também pode ser considerada um princípio para uma regulação sustentável da inteligência artificial.

Responsabilidade social, também conhecida como responsabilidade social nos negócios, responsabilidade corporativa, responsabilidade empresarial, todas as terminologias se referem ao mesmo significado, ou seja, trata das responsabilidades das empresas perante a sociedade na qual a organização esta inserida.³⁹

[+e+Princ%C3%ADpio+Regulador+para+o+Desenvolvimento+e+Implementa%C3%A7%C3%A3o+de+Novas+Tecnologias+\(1\).pdf](#). Acesso em: 28 set. 2025.

37 MOREIRA, Izabel Freire. **O princípio do poluidor-pagador na jurisprudência brasileira**. PUC- Rio, Departamento de Direito. 2014. p. 19. Disponível em: https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio_resumo2014/relatorios_pdf/ccs/DIR/DIR-Izabel%20Freire%20Moreira.pdf. Acesso em: 28 set. 2025.

38 COSTELLA, Mônica. **Entre algoritmos e impactos**: a urgência de uma IA ambientalmente consciente. Junho de 2025. Disponível em: <https://www.dsadvogados.com.br/blog/entre-algoritmos-e-impactos-a-urgencia-de-uma-ia-ambientalmente-consciente>. Acesso em: 28 set. 2025.

39 DE SOUZA; Rosemary Gomes; MELE, João Leonardo. **Responsabilidade Socioambiental da Empresa: na Administração Contemporânea**. VI SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS INTEGRADAS DA UNAERP CAMPUS GUARUJÁ. p. 2. Disponível em:



O processo de globalização, as inovações tecnológicas e de informação, além das desigualdades sociais, obrigam as organizações uma nova maneira de realizar seus negócios, obrigando-as a repensar o desenvolvimento nas esferas econômicas, sociais e ambientais.⁴⁰

Assim, empresas socialmente responsáveis são: agentes de nova cultura “empresarial e de mudança social; produtoras de valor para todos – colaboradores, acionistas e comunidade; diferenciadas e de maior potencial de sucesso e longevidade”.⁴¹

A responsabilidade socioambiental das empresas também se mostra importante no contexto da inteligência artificial, uma vez que o desenvolvimento e a aplicação dessas tecnologias impactam diretamente a sociedade e o meio ambiente. Empresas socialmente responsáveis devem garantir que seus sistemas de inteligência artificial operem de forma ética, transparente e inclusiva, promovendo benefícios e minimizando riscos como discriminação ou danos ambientais decorrentes do uso intensivo de recursos tecnológicos.

Por fim, é importante ressaltar a logística reversa. Segundo o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima:

A Logística Reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. ⁴²

<https://www.unaerp.br/documentos/1120-responsabilidade-socioambiental-da-empresa-na-administracao-contemporanea/file>. Acesso em: 28 set. 2025.

40 DE SOUZA; Rosemary Gomes; MELE, João Leonardo. **Responsabilidade Socioambiental da Empresa: na Administração Contemporânea**. p. 3. Acesso em: 28 set. 2025.

41 DE SOUZA; Rosemary Gomes; MELE, João Leonardo. **Responsabilidade Socioambiental da Empresa: na Administração Contemporânea**. p. 4. Acesso em: 28 set. 2025.

42 MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Logística Reversa**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/logistica-reversa>. Acesso em: 28 set. 2025.



Referente a inteligência artificial, esta oferece uma série de benefícios a logística reversa, o qual contribui para aprimorar os processos dentro da cadeia de suprimentos. Dentre eles, citam-se: eficiência aprimorada; redução de custos; análise precisa de dados; melhor experiência do cliente; previsão de demanda; automação de processos; visibilidade em tempo real; e melhorias contínuas.⁴³

Ainda, contribui com a sustentabilidade, vez que ajuda a reduzir o desperdício ao identificar produtos que podem ser recondicionados e revendidos, que contribui para práticas de negócios mais sustentáveis. ⁴⁴

Portanto, os princípios jurídicos (precaução, poluidor-pagador, responsabilidade socioambiental e logística reversa) demonstram-se importantes e fundamentais para a construção de uma regulação sustentável da inteligência artificial. Eles orientam a atuação de empresas e desenvolvedores, impondo responsabilidades preventivas e corretivas, e promove práticas éticas, transparentes e ambientalmente conscientes.

4 PROPOSTAS NORMATIVAS

Diante da magnitude dos impactos materiais, energéticos e hídricos detalhados, mitigar os efeitos ambientais da IA presume uma abordagem multifacetada que combine inovação tecnológica e regulação jurídica, insurgindo como uma mudança de paradigma na indústria. Ressalte-se que as soluções neste estudo propostas, buscam tanto harmonizar o avanço das IA's como promover a sustentabilidade ecológica.

Por inovação tecnológica compreende-se a busca pela elevação da eficiência energética dos data centers e a busca constante pelo desenvolvimento de chips quânticos que aumentariam drasticamente o poder da IA com um

43 CWAJGENBAUM, Mauricio. **Revolução da inteligência artificial na otimização da logística reversa**. Genius Returns. Disponível em: <https://www.geniusreturns.com.br/inteligencia-artificial-na-logisticareversa/#:~:text=3.,Automa%C3%A7%C3%A3o%20de%20Processos,e%20o%20processamento%20de%20reembolsos..> Acesso em: 28 set. 2025.

44 CWAJGENBAUM, Mauricio. **Revolução da inteligência artificial na otimização da logística reversa**. Genius Returns. Acesso em: 28 set. 2025.



consumo energético significativamente menor⁴⁵, como uma via legítima para a sustentabilidade.

O conceito de "computação consciente de carbono" também é uma solução emergente, que envolve a otimização das operações energéticas para aproveitar locais e horários com maior disponibilidade de energia limpa, como a solar ou eólica⁴⁶. Além disso, a preferência por modelos computacionais ou modelos de inteligência artificial mais "enxutos" que atendam às necessidades de desempenho sem exigir um poder computacional excessivo é uma estratégia fundamental para mitigar os impactos ambientais.

Quando à regulação jurídica, observa-se, no entanto, que indústria está se movendo à nessa direção, seja com iniciativas como o Climate Neutral Data Centre Pact⁴⁷, que prevê que os data centers europeus alcancem 100% de energia livre de carbono até 2030. Ou com propostas como a do Greenpeace, que defende que a infraestrutura que alimenta as IA's deva ser, desde já, 100% alimentada por energia renovável gerada adicionalmente⁴⁸. O que significa que a expansão da capacidade de energia limpa deverá acompanhar o crescimento das inteligências artificiais, em vez de apenas consumir a energia renovável já existente.

No contexto dos e-waste, ou lixo eletrônico, propõe-se que haja a implementação de princípios de economia circular no setor digital. Isso inclui a reutilização de hardware e o design de equipamentos mais duráveis e modulares, que possam ser facilmente reparados e atualizados. No Brasil,

45 CORREA, Gabriel. **Especialistas alertam para os impactos ambientais do uso da IA**. Rádio Nacional, 21 mar. 2025. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/meio-ambiente/audio/2025-03/especialistas-alertam-para-os-impactos-ambientais-do-uso-da-ia>. Acesso em: 22 set. 2025.

46 BENTO, Alexandre Vidal. **Qual o Impacto da Inteligência Artificial no Meio Ambiente?** Mata Nativa, 7 fev. 2025. Disponível em: https://matanativa.com.br/___trashed/. Acesso em: 20 set. 2025.

47 CLIMATE NEUTRAL DATA CENTRE PACT. **Climate Neutral Data Centre Pact**. 2021-2025. Disponível em: <https://www.climateneutraldatacentre.net>. Acesso em: 22 set. 2025.

48 GRÖGER, Jens *et al.* **The environmental impact of artificial intelligence**. Oeko Institute, 2023. Disponível em: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Report_KI_ENG.pdf. Acesso em: 26 set. 2025, p. 4.



apesar de haver a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS - Lei n. 12.305/2010) estabelecida como um marco fundamental por instituir a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, sua implementação tem enfrentado obstáculos críticos.⁴⁹

Estas dificuldades se manifestam desde a concentração da infraestrutura de reciclagem nas regiões Sul e Sudeste, que inviabiliza economicamente a logística reversa em um país de dimensões continentais, até a baixa capacidade institucional dos municípios e a falta de incentivos fiscais robustos. Superar essa lacuna é o pré-requisito necessário para o sucesso de qualquer política futura.⁵⁰

Ademais, é necessário que haja de fato a criação de uma legislação especializada para a regulação ambiental das IAs incorpore tanto os princípios já abordados neste estudo, do poluidor-pagador e da precaução, quanto os fundamentos das IAs verdes (*green ai*) como pilares centrais nas políticas públicas brasileiras.

Abordagem das IAs verdes é orientada não somente para que o desempenho técnico dos algoritmos responda aos usuários de maneira ecologicamente correta, mas também para que haja uma normativa mínima referente à sua eficiência energética, à minimização da pegada de carbono e à busca de soluções computacionais menos intensivas em recursos.⁵¹

Nesse sentido, a Green AI surge como contraponto à chamada Red AI, caracterizada por privilegiar exclusivamente a maximização da precisão e a

49 SOUZA, R. S. de; GUARNIERI, P.; VIEIRA, B. de O. **Desafios da transição para a economia circular no setor de resíduos eletroeletrônicos no Brasil**. Revista de Administração de Empresas, v. 65, n. 4, e2024-0194, 2025. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/TH4DPGcqFGsyvBsTG8mGcwJ/?lang=pt>. Acesso em: 23 abr. 2025.

50 SOUZA, R. S. de; GUARNIERI, P.; VIEIRA, B. de O. **Desafios da transição para a economia circular no setor de resíduos eletroeletrônicos no Brasil**. Revista de Administração de Empresas, v. 65, n. 4, e2024-0194, 2025. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/TH4DPGcqFGsyvBsTG8mGcwJ/?lang=pt>. Acesso em: 23 abr. 2025.

51 FERRAZ, Ivini. **Green AI: métricas para eficiência energética e sustentabilidade dos algoritmos de inteligência artificial e data centers**. Revista Brasileira de Gestão e Sustentabilidade, v. 11, n. 29, p. 1255-1265, 31 dez. 2024. Disponível em: <https://revista.ecogestaobrasil.net/v11n29/v11n29a14a.html>. Acesso em: 23 set. 2025.



complexificação dos modelos, sem considerar os custos ambientais de seu treinamento e execução.⁵² Urge, portanto, que a regulação brasileira incorpore em seu arcabouço jurídico as noções que permeiam o termo da Green AI. É fundamental alinhar-se a um paradigma que reconheça a responsabilidade socioambiental como elemento estruturante da inovação tecnológica, prevenindo, assim, que a corrida por maior acurácia algorítmica se converta em vetor de degradação ecológica.

Não obstante, propõe-se ainda, com o intuito de estimular a inovação sustentável, a criação de um sistema de incentivos fiscais para empresas ligadas à cadeia de consumo das IA's que adotem opções energeticamente eficientes e modelos de economia circular, transformando o imperativo ambiental em um motor de competitividade, à semelhança do que é praticado nos países Nórdicos (como na Noruega, que usa o esquema Enova⁵³ para apoiar a infraestrutura de calor residual com isenções e subsídios fiscais). Os incentivos podem incluir, por exemplo, a redução de impostos para *data centers* que comprovem 100% de uso de energia renovável gerada adicionalmente, seguindo a diretriz do Greenpeace.

Por fim, importa ressaltar que a natureza global da infraestrutura digital e da cadeia de suprimentos da IA torna a cooperação multilateral essencial. As propostas normativas nacionais devem buscar a harmonização entre marcos nacionais e compromissos multilaterais - e internacionais. Sendo que, o presente estudo objetiva demonstrar que a responsabilidade socioambiental da indústria tecnológica não é uma questão secundária, mas uma condição essencial para sua sustentabilidade a longo prazo. Sendo portanto, fundamental que as IAs sejam vistas não somente como ferramentas de avanço tecnológico, mas também como um vetor de responsabilidade ambiental, exigindo a criação de marcos jurídicos ágeis e alinhados aos limites ecológicos globais.

52 FERRAZ, Ivini. **Green AI: métricas para eficiência energética e sustentabilidade dos algoritmos de inteligência artificial e data centers**. Revista Brasileira de Gestão e Sustentabilidade, v. 11, n. 29, p. 1255-1265, 31 dez. 2024. Disponível em: <https://revista.ecogestaobrasil.net/v11n29/v11n29a14a.html>. Acesso em: 23 set. 2025.

53 ENOVA. **Enova: Om oss**. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://www.enova.no/nb/om-oss>. Acesso em: 23 set. 2025.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou portanto, que a ascensão da inteligência artificial (IA) materializa um paradoxo inerente: enquanto a tecnologia oferece promessas de solução para crises climáticas, sua própria pegada ecológica causa impactos significativos no meio ambiente - a extração intensiva de minerais essenciais como lítio e cobalto, o consumo exponencial de energia e água nos data centers, e a geração crescente de e-waste - exigindo atenção regulatória urgente.

A dimensão do problema é, como disposto ao longo do trabalho, alarmante. Com projeções indicando que a IA poderá representar 10% das emissões globais de gases de efeito estufa até 2040 conforme estimativas reportadas. Esse impacto ambiental concreto tanto desmistifica a noção de que a IA existe em um plano puramente etéreo quanto embasa as críticas acerca de seu efeito nocivo para o meio ambiente.

Diante de pressões ambientais tão vastas é imperativo que a política de IA se entrelace, de forma indissociável, com a política de sustentabilidade ecológica. Não somente para mitigar esses impactos, mas para garantir o uso sustentável da IA. É nesta relação simbiótica que a regulação jurídica emerge como um pilar indispensável, ancorada nos princípios do poluidor-pagador e da precaução.

Para tanto, as propostas normativas devem transcender os marcos atuais, que, como os projetos de lei brasileiros examinados (PL 21-A/2020 e PL 2.338/2023), ainda tratam a sustentabilidade de maneira implícita. É fundamental a criação de uma legislação especializada que promova a IA Verde (Green AI), impondo normativas de eficiência energética para data centers e o uso de energias renováveis geradas adicionalmente.

No contexto brasileiro, o sucesso dessas propostas depende criticamente da superação de gargalos como a fragilidade da logística reversa e a falta de incentivos ao ecodesign. A chave dessas políticas deve ser transformar o imperativo ambiental em um motor de competitividade nacional. Ademais, a



responsabilidade socioambiental da indústria tecnológica, deve ser vista não como um encargo secundário, mas sim como um elemento estruturante do desenvolvimento da IA, condição *sine qua non* para a sua legitimidade e sustentabilidade a longo prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENTO, Alexandre Vidal. **Qual o Impacto da Inteligência Artificial no Meio Ambiente?** Mata Nativa, 7 fev. 2025. Disponível em: https://matanativa.com.br/__trashed/. Acesso em: 20 set. 2025.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei n. 21-A de 2020**. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2129459&filename=REDACAO+FINAL+PL+21%2F2020&utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 28 set. 2025.

CLIMATE NEUTRAL DATA CENTRE PACT. **Climate Neutral Data Centre Pact**. 2021-2025. Disponível em: <https://www.climateneutraldatacentre.net>. Acesso em: 22 set. 2025.

CORREA, Gabriel. **Especialistas alertam para os impactos ambientais do uso da IA**. Rádio Nacional, 21 mar. 2025. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/meio-ambiente/audio/2025-03/especialistas-alertam-para-os-impactos-ambientais-do-uso-da-ia>. Acesso em: 22 set. 2025.

COSTELLA, Mônica. **Entre algoritmos e impactos: a urgência de uma IA ambientalmente consciente**. Junho de 2025. Disponível em: <https://www.dsfadogados.com.br/blog/entre-algoritmos-e-impactos-a-urgencia-de-uma-ia-ambientalmente-consciente>. Acesso em: 28 set. 2025.

CUNHA, Guilherme Farias et al. **Princípio da precaução no Brasil após a Rio-92: impacto ambiental e saúde humana**. Scielo Brasil. Setembro de 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/asoc/a/GWcKZ45869ZvpvRKHP65xgv/?format=html&lang=pt&utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 28 set. 2025.

CWAJGENBAUM, Mauricio. **Revolução da inteligência artificial na otimização da logística reversa**. Genius Returns. Disponível em: <https://www.geniusreturns.com.br/inteligencia-artificial-na-logisticareversa/#:~:text=3.,Automa%C3%A7%C3%A3o%20de%20Processos,e%20o%20processamento%20de%20reembolsos..> Acesso em: 28 set. 2025.

DE SOUZA; Rosemary Gomes; MELE, João Leonardo. **Responsabilidade Socioambiental da Empresa: na Administração Contemporânea**. VI



SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS INTEGRADAS DA UNAERP
CAMPUS GUARUJÁ. p. 2. Disponível em:
<https://www.unaerp.br/documentos/1120-responsabilidade-socioambiental-da-empresa-na-administracao-contemporanea/file>. Acesso em: 28 set. 2025.

ENOVA. **Enova: Om oss**. [S. l.], 2025. Disponível
em: <https://www.enova.no/nb/om-oss>. Acesso em: 23 set. 2025.

EXAME. **Impacto ambiental da IA generativa em cinco números**. 1 fev.
2025. Disponível em: <https://exame.com/esg/impacto-ambiental-da-ia-generativa-em-cinco-numeros/>. Acesso em: 20 set. 2024.

FACHINI, Ana. **Inteligência artificial e riscos**: a precaução como fundamento e princípio regulador para o desenvolvimento e implementação de novas tecnologias. Programa de Apoio à Iniciação Científica - PAIC 2023 -2024. p. 335. Disponível em: [file:///C:/Users/User/Downloads/608+-+Intelig%C3%Aancia+Artificial+e+Riscos++A+Precau%C3%A7%C3%A3o+co+mo+Fundamento+e+Princ%C3%ADpio+Regulador+para+o+Desenvolvimento+e+Implementa%C3%A7%C3%A3o+de+Novas+Tecnologias+\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/608+-+Intelig%C3%Aancia+Artificial+e+Riscos++A+Precau%C3%A7%C3%A3o+co+mo+Fundamento+e+Princ%C3%ADpio+Regulador+para+o+Desenvolvimento+e+Implementa%C3%A7%C3%A3o+de+Novas+Tecnologias+(1).pdf). Acesso em: 28 set. 2025.

FERRARI, Vanessa. A Inteligência Artificial e seus Impactos Ambientais Negativos e Positivos. **Cadernos Jurídicos**, São Paulo, v. 24, n. 65, p. 201-212, jan.-mar. 2023. Disponível
em: <https://www.tjsp.jus.br/download/EPM/Publicacoes/CadernosJuridicos/65%2011.pdf?d=638386085705338683>. Acesso em: 20 set. 2025.

FERRAZ, Ivini. **Green AI: métricas para eficiência energética e sustentabilidade dos algoritmos de inteligência artificial e data centers**. Revista Brasileira de Gestão e Sustentabilidade, v. 11, n. 29, p. 1255-1265, 31 dez. 2024. Disponível
em: <https://revista.ecogestaobrasil.net/v11n29/v11n29a14a.html>. Acesso em: 23 set. 2025.

GRÖGER, Jens *et al.* **The environmental impact of artificial intelligence**. Oeko Institute, 2023. Disponível
em: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Report_KI_ENG.pdf. Acesso em: 26 set. 2025.

GROSS, Terry. **Como a "escravidão moderna" no Congo impulsiona a economia das baterias recarregáveis**. NPR, 1 fev. 2023. Disponível
em: <https://www.npr.org/sections/goatsandsoda/2023/02/01/1152893248/red-cobalt-congo-drc-mining-siddharth-kara>. Acesso em: 15 ago. 2025;.

KANUNGO, Alokya. **The Green Dilemma: Can AI Fulfil Its Potential Without Harming the Environment?** Global Commons, 18 jul. 2023. Disponível



em: <https://earth.org/the-green-dilemma-can-ai-fulfil-its-potential-without-harming-the-environment/>. Acesso em: 15 ago. 2025.

KOLBE JUNIOR, Armando. **Inteligência artificial e o desafio da poluição ambiental**. 2024. Disponível em: <<https://www.uninter.com/noticias/inteligencia-artificial-e-o-desafio-da-poluicao-ambiental#:~:text=Entretanto%2C%20o%20uso%20da%20IA,at%C3%A9%20o%20ano%20de%202040.>>. Acesso em: 20 set. 2025.

KOOMEY, J. G. *et al.* **Assessing trends in the electrical efficiency of computation over time**. IEEE Annals of the History of Computing, v. 17, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Logística Reversa**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/logistica-reversa>. Acesso em: 28 set. 2025.

MOREIRA, Izabel Freire. **O princípio do poluidor-pagador na jurisprudência brasileira**. PUC- Rio, Departamento de Direito. 2014. p. 19. Disponível em: https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio_resumo2014/relatorios_pdf/ccs/DIR/DIR-Izabel%20Freire%20Moreira.pdf. Acesso em: 28 set. 2025.

MÜLLER, Natalie. **Como a inteligência artificial prejudica o meio ambiente**. Deutsche Welle, 8 ago. 2023. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/deutschewelle/2023/08/08/como-a-inteligencia-artificial-prejudica-o-meio-ambiente.htm>. Acesso em: 15 set. 2025.

REN, Shaolei; WIERMAN, Adam. **A distribuição desigual dos impactos ambientais da IA**. Harvard Business Review, 15 jul. 2024. Disponível em: <https://hbr.org/2024/07/the-uneven-distribution-of-ais-environmental-impacts?language=pt>. Acesso em: 15 ago. 2025.

ROMAN, Juliana. **Inteligência Artificial no Brasil: a estratégia brasileira de inteligência artificial (EBIA) e o Projeto de Lei n. 21/2020**. Instituto de Referência em Internet e Sociedade. Outubro de 2021. Disponível em: <https://irisbh.com.br/inteligencia-artificial-no-brasil-a-estrategia-brasileira-de-inteligencia-artificial-ebia-e-o-projeto-de-lei-no-21-2020/>. Acesso em: 28 set. 2025.

SENADO FEDERAL. **Senado aprova regulamentação da inteligência artificial**; texto vai à Câmara. Senado Notícias. 2024. Disponível em: https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2024/12/10/senado-aprova-regulamentacao-da-inteligencia-artificial-texto-vai-a-camara?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 28 set. 2025.

SOUZA, R. S. de; GUARNIERI, P.; VIEIRA, B. de O. **Desafios da transição para a economia circular no setor de resíduos eletroeletrônicos no Brasil**.



Revista de Administração de Empresas, v. 65, n. 4, e2024-0194, 2025.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rae/a/TH4DPGcqFGsyvBsTG8mGcwJ/?lang=pt>. Acesso em: 23 abr. 2025.

UNCTAD. Digital Economy Report 2024: Shaping an environmentally sustainable and inclusive digital future. **Geneva: United Nations Conference on Trade and Development, 2024.** Disponível em:

https://unctad.org/system/files/official-document/der2024_en.pdf. Acesso em: 16 ago. 2025.

WACHOWICZ, Marcos. **Projeto de Lei n. 2338/2023:** desafios da regulamentação da IA. IODA. Dezembro de 2024. Disponível em:

<https://ioda.org.br/publicacoes/radar-legislativo-ioda/projeto-de-lei-no-2-338-2023-desafios-da-regulamentacao-da-ia/>. Acesso em: 28 set. 2025.

WINTER, Lena; ZÜGER, Theresa. **Blind spot sustainability: Making AI's environmental impact measurable.** Alexander von Humboldt Institut für Internet und Gesellschaft, 30 jul. 2025. Disponível

em: <https://www.hiig.de/en/making-ais-environmental-impact-measurable/>. Acesso em: 20 set. 2025.

ZHENG, March. **Os impactos ambientais da mineração de lítio e cobalto.** Earth.org, 31 mar. 2023. 5 minutos. Disponível

em: <https://earth.org/lithium-and-cobalt-mining/>. Acesso em: 15 ago. 2025.