

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E AQUECIMENTO GLOBAL

Gabriel Wedy¹
Patrícia Iglecias²

INTRODUÇÃO

Na primeira metade do século XX, a ficção científica tornou conhecido ao mundo o conceito de robôs artificialmente inteligentes. Na década de 1950, já havia uma geração de cientistas, matemáticos e filósofos que tinham assimilado culturalmente o conceito de inteligência artificial (ou IA).

Alan Turing foi quem explorou pioneiramente a inteligência artificial e sugeriu que as máquinas poderiam utilizar as informações disponíveis armazenadas para resolver problemas complexos e para tomar decisões como os seres humanos. Precisamente, no ano de 1950, concluiu a célebre pesquisa *Computing Machinery and Intelligence* com o objetivo de elaborar procedimentos para a construção de máquinas inteligentes e de meios para avaliar a inteligência das mesmas (Turing; Copeland, 2004).

Na época, aqueles grandes e pesados computadores, não tinham a função de guardar comandos, mas podiam executá-los, ou

1 Juiz Federal, membro do grupo de trabalho “Observatório do Meio Ambiente e das Mudanças Climáticas”, do CNJ, Professor do PPG em Direito da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Pós-doutor, Doutor e Mestre em Direito, Visiting Scholar pela Columbia Law School e pela Universität Heidelberg, integrante da IUCN World Commission on Environmental Law (WCEL), Vice-Presidente do Instituto O Direito por um Planeta Verde e Ex-Presidente da Associação dos Juízes Federais do Brasil (Ajufe).

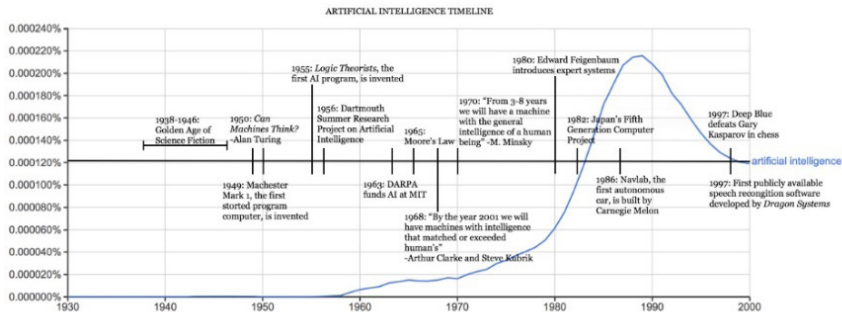
2 Livre-Docente, Doutora e Mestre em Direito pela Faculdade de Direito da Universidade São Paulo (USP). Professora e Superintendente de Gestão Ambiental da USP; Presidente do Instituto o Direito por um Planeta Verde; Sócia de Wald Advogados; foi Secretária do Meio Ambiente de São Paulo e Presidente da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

seja, eles tinham a capacidade de receber informações sobre o que fazer, mas não possuíam memória sobre o que haviam feito. O aluguel de um computador era proibitivo pelo alto custo. Apenas ricas Universidades podiam alugar um computador ao custo de duzentos mil dólares mensais, e mesmo assim necessitavam de financiamentos estatais (Smith *et al.*, 2006).

Posteriormente, Allen Newell, Cliff Shaw e Herbert Simon iniciaram o programa *Teórico da Lógica*, consistente na imitação das capacidades humanas para a resolução de problemas. Este foi o primeiro programa de inteligência artificial, de fato, apresentado à comunidade científica no *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence (DSRPAL)*, organizado por John McCarthy e Marvin Minsky, em 1956. Foi nesta conferência que McCarthy cunhou o termo IA e, também, restou demonstrado que esta poderia ser desenvolvida (Smith *et al.*, 2006).

Houve notório desenvolvimento da IA entre os anos de 1957 a 1974. No período, os computadores foram aperfeiçoados pelo homem e, para além de adquirir a capacidade de memória, tornaram-se mais rápidos e baratos. Ficaram acessíveis aos cientistas e pesquisadores. Os algoritmos de aprendizagem das máquinas também melhoraram e as pessoas já podiam identificar com maior grau de certeza qual o algoritmo que deveria ser aplicado ao seu problema.

Experiências de IA como *Newell e Simon's General Problem Solver* e *Joseph Weizenbaum's ELIZA* demonstraram que era possível para as máquinas resolver problemas e interpretar a língua falada. Estes pequenos avanços convenceram e estimularam as agências governamentais norte-americanas, como a *Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)*, a financiar o desenvolvimento da IA em várias instituições. No entanto, nos anos 1970, ainda era evidente o longo caminho a ser percorrido pela IA até que pudessem ser alcançados os objetivos do processamento da linguagem natural, do pensamento abstrato, e do autorreconhecimento. A seguir é possível observar, apenas para fins ilustrativos, a *timeline* da IA (Lufkin, 2017):



Na década de 1980, os cientistas da IA expandiram o conjunto de ferramentas algorítmicas e receberam substancial aumento de fundos para pesquisa e desenvolvimento da mesma. John Hopfield e David Rumelhart popularizaram técnicas de aprendizagem profunda que permitiram aos computadores aprender utilizando a experiência. Por outro lado, Edward Feigenbaum introduziu sistemas que imitavam o processo de tomada de decisão de *experts* humanos. Os sistemas de *experts* foram amplamente utilizados nas indústrias. O governo japonês, por exemplo, financiou sistemas de *experts* e outros empreendimentos relacionados com a IA como parte do seu *Projeto de Computadores de Quinta Geração (FGCP)*. De 1982 a 1990, os japoneses investiram 400 milhões de dólares com os objetivos de revolucionar o processamento informático, implementar a programação lógica e melhorar a inteligência artificial (Turing; Copeland, 2004).

Durante as décadas de 1990 e de 2000, muitos dos objetivos fundamentais da inteligência artificial foram alcançados. Em 1997, de modo surpreendente, o campeão mundial de xadrez Gary Kasparov foi derrotado pelo *Deep Blue* da IBM, um programa informático de jogo de xadrez. No mesmo ano, o *software* de reconhecimento da fala, desenvolvido pela Dragon Systems, foi implementado no *Windows*. Mesmo período em que foi criado por Cynthia Breazeal, Kismet, um robô apto a reconhecer e exibir emoções.

A conhecida *Lei de Moore*, por sinal, parece estar correta, pois a memória e a velocidade dos computadores duplicam todos os anos. Para além da capacidade das máquinas, essa inequivocamente é a era dos grandes dados, da imensa quantidade de informações, na maioria das vezes pesados demais para um ser humano processar. Não se pode ignorar que a ciência da computação, a matemática, a neurociência, entre outras, servem como potenciais instrumentos

para que a própria *Lei de Moore* seja superada (Lufkin, 2017), já que não se trata de uma panaceia.

A aplicação da inteligência artificial a este respeito mostrou avanços em vários setores industriais, tais como, entre outros(as), na tecnologia, no sistema bancário, no marketing, na medicina, no direito, no cinema e no entretenimento. Ainda que os algoritmos não melhorem muito, é perceptível que os grandes dados e a computação maciça permitem que a inteligência artificial aprenda por meio da repetição (Warwick, 2016).

No atual cenário, em que o mundo enfrenta uma tripla crise planetária: a- da mudança climática; b- da perda da biodiversidade; c- e, do desperdício, é que a IA precisa ser avaliada dentro de uma perspectiva de um desenvolvimento ecologicamente sustentável.³

Há mais dados climáticos disponíveis do que nunca, mas a forma como esses dados são acessados, operados e interpretados é crucial para gerir tais crises.⁴ Sistemas e máquinas, que executam tarefas que tipicamente requerem inteligência humana, podem melhorar de modo iterativo pelo seu uso constante.

IA E O PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O AMBIENTE

David Jensen, coordenador do subprograma de Transformação Digital do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), destaca várias áreas onde a IA pode desempenhar um papel na abordagem dos desafios ambientais, desde a concepção de prédios sustentáveis do ponto de vista energético até o monitoramento do desmatamento, passando pela otimização do uso das energias eólica, solar, marítima, biomassa entre outras fontes renováveis.⁵ Tudo isso por ocorrer em uma escala ampliada que permite uma avaliação por satélite das emissões globais de gases de efeito estufa em uma análise macro, ou, em atividades mais pontuais e mezinhas, como o apagar

3 No sentido de um desenvolvimento ecologicamente sustentável, ver: FOLADO-RI, Guillermo. **Los Limites Del Desarrollo Sustentable**. Montevideo: Ediciones de la Banda Oriental / Revista Trabajo y Capital, 1999.

4 Sobre o tema inteligência artificial e direito, ver: FREITAS, Juarez; FREITAS, Thomas. **Inteligência Artificial e Direito**: em defesa do humano. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2020.

5 Para um enfoque jurídico do tema, ver: GERRARD, Michael. **The Law of Clean Energy**. Efficiency and Renewables. New York: American Bar Association, 2011.

automático das luzes, das calefações e dos aparelhos de ar condicionado nos prédios inteligentes, após certos limites de consumo.⁶

O PNUMA criou recentemente uma Sala de Situação Ambiental Mundial (SSAM), que consiste numa plataforma digital que aproveita as capacidades da IA para analisar conjuntos de dados complexos e multifacetados. Apoiada por um consórcio de parceiros, a SSAM recolhe, agrega e dá visibilidade para os melhores dados disponíveis referentes ao planeta, com a utilização de sensores para informar análises em tempo real e previsões futuras sobre múltiplos fatores, incluindo a concentração atmosférica de gases de efeito estufa, alterações nas geleiras e o aumento do nível dos oceanos.

A SSAM está sendo desenvolvida como uma plataforma de utilização democrática, que aproveita dados de escritórios governamentais, das salas de aulas (de universidades), dos parlamentos e das salas de reunião de empresas. O objetivo é a obtenção de dados precisos, fidedignos e independentes para informar decisões e promover a transparência. A SSAM, aos poucos, torna-se um centro de controle de emissões para o planeta Terra, em que todos os indicadores ambientais vitais podem ser monitorados facilitando a organização das ações e das políticas públicas em defesa do meio ambiente.

Uma das iniciativas lideradas pelo PNUMA, dentro do ecossistema digital SSAM, é o Observatório Internacional das Emissões de Metano (OIEM), que se vale da IA para o monitoramento e uma abordagem de mitigação das emissões de metano. A plataforma funciona como uma base de dados pública global de emissões verificadas empiricamente. A IA é direcionada para interligar a ciência, a transparência e a política, com a finalidade de informar decisões orientadas por dados. A tecnologia do OIEM permite recolher e integrar fluxos de dados de emissões para estabelecer um registro público global de emissões de metano (UNEP, 2022).

Outra iniciativa de monitoramento ambiental que o PNUMA cofundou, em parceria com a *IQAir*, é a plataforma de monitoramento da poluição atmosférica GEMS. A *IQAir* agrega dados de mais de 25.000 estações de monitoramento da qualidade do ar em mais de 140 países e utiliza a IA para oferecer conhecimentos sobre o impacto da

6 Em relação ao emprego da inteligência artificial para a tutela do meio ambiente e administração da crise climática, ver: HARPOR, Desmond. **Artificial Intelligence for Environmental Conservation: Tackling Climate Change**. New York: Independently published, 2021; EASTERBROOK, Steve. **Computing the Climate: How We Know What We Know About Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2023; VUPPALAPATI, Chandrasekar. **Specialty Crops for Climate Change Adaptation: Strategies for Enhanced Food Security by Using Machine Learning and Artificial Intelligence**. Heidelberg: Springer, 2023.

qualidade do ar em tempo real sobre as populações e ajuda a orientar políticas públicas de proteção da saúde humana (UNEP, 2022).

A IA pode também calcular as pegadas ambientais e climáticas dos produtos, em todos os seus ciclos de vida e cadeias de fornecimento e assim permitir às empresas e aos consumidores tomarem as decisões mais informadas e eficientes possíveis.

Embora os dados e a IA sejam necessários para um melhor controle ambiental, existe um custo ambiental para o processamento dos dados que precisa ser considerado e não pode ser ignorado. O setor das TIC gera entre 3% e 4% de emissões de gases de efeito estufa e os centros de dados utilizam grandes volumes de água para arrefecimento. O Plano de Ação CODES para um *Planeta Sustentável na Era Digital*, uma das iniciativas derivadas do Roteiro para a Cooperação Digital do Secretário-Geral da ONU, tem como objetivo solucionar justamente os problemas gerados por tal externalidade negativa (UNEP, 2022).

O lixo eletrônico é outro passivo ambiental importante, apenas 17,4% são reciclados e eliminados de uma forma ambientalmente correta. Os resíduos eletrônicos, de acordo com o relatório da ONU Global *E-waste Monitor*, deverão atingir quase 75 milhões de toneladas métricas até 2030 (UNEP, 2022). Pesquisa do PNUMA constata que para evitar esses resíduos, os consumidores devem reduzir o consumo, reciclar os bens eletrônicos e reparar os que podem ser ainda utilizados.

O PNUMA, por sinal, desenvolveu um roteiro de soluções para seis setores: a- Energia; b- Indústria; c- Agricultura e Alimentação; d- Florestas e Uso da Terra; e- Transportes; f- Edifícios e Cidades, com a finalidade de reduzir as emissões entre estes, em conformidade com os compromissos assumidos no Acordo de Paris (UNEP, 2022).

IA, MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA

Apesar dos esforços de mitigação do clima para manter o aquecimento global abaixo de 1,5°C, muitos peritos esperam que o mundo aqueça 3,5°C até à virada do próximo século, o que vai ocasionar o aumento das catástrofes e dos desastres climáticos,⁷

7 Sobre instrumentos jurídicos aptos a impedir ou reduzir os efeitos dos desastres climáticos, ver: SAMUEL, Katja L. H.; ARONSON-STORRIER, Marie; BOOKMILLER, Kirsten Nakjavani. **The Cambridge Handbook of Disaster Risk Reduction and International Law**. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.

com graves implicações humanas, sociais, ambientais, políticas e econômicas.⁸

A adaptação climática em escala e a mitigação das emissões de gases de efeito estufa são essenciais. A capacidade de adaptação aos eventos climáticos extremos, com a utilização de percepções climáticas acionáveis igualmente é fundamental para bem informar as decisões dos *players* públicos e privados. O uso da IA para as suas capacidades de estabelecer modelos climáticos precisa ser aprimorado. Pode-se observar, igualmente, maior inovação na IA centrada na mitigação climática, tal como o emprego desta para medir e reduzir as emissões. Esta inovação tem de ser aproveitada e desenvolvida para acelerar o uso desta tecnologia na obtenção de maiores conhecimentos sobre o clima.

Isso significa que os governos e as empresas devem repensar radicalmente a sua abordagem à adaptação ao clima. A IA, igualmente, pode ser utilizada para construir a resiliência climática. Entre 3,3 e 3,6 bilhões de pessoas no globo vivem em zonas onde já ocorreram ou vão ocorrer um aumento significativo de catástrofes naturais e é provável que estes eventos extremos aumentem à medida que a crise climática se exacerbe (UNEP, 2022). Os desastres climáticos dos últimos anos, tais como secas, furacões, incêndios e inundações, deixam claro que a adaptação da sociedade aos riscos e perigos das alterações climáticas é uma difícil tarefa.

O uso da IA, em uma civilização marcada pela alta complexidade tecnológica, científica, social, política e econômica, certamente é importante em virtude da sua capacidade de reunir, completar e analisar grandes conjuntos de dados. Pode ser aproveitada, por exemplo, para sistemas de alerta precoce e de modelação preditiva no longo prazo de eventos climáticos locais, capacitando os *players* a adotar uma abordagem orientada para os dados sobre a adaptação ao clima mais quente. A *Destination Earth*, liderada pela Agência Espacial Europeia, por exemplo, visa criar um modelo da Terra baseado na IA para monitorar e prever a interação entre fenômenos climáticos (como as secas) e as atividades humanas.

A IA pode ser utilizada para previsão e prevenção de incêndios florestais. Ela permite o mapeamento interativo de áreas de alto risco e pode acompanhar o desenvolvimento do fogo em tempo real através de algoritmos, informando a melhor afetação de recursos e

8 Em relação as externalidades negativas das emissões de gases de efeito estufa, dentro de uma abordagem jurídica, ver: GERRARD, Michael; BURGER, Michael; FREEMAN, Jody. **Global Climate Change and U.S Law**. 3. ed. New York: American Bar Association, 2023.

estratégias para o combate ao mesmo e, também, no longo prazo, para a gestão sustentável das florestas. Como o custo global médio anual dos incêndios é de cerca de cinquenta bilhões de dólares, a IA pode tornar o combate aos incêndios mais eficiente e econômico. O Fórum Econômico Mundial, igualmente, implantou o *FireAId*, programa no qual estão sendo elaborados modelos reais de IA assim como a aplicação dos mesmos em vários países.

Tal evolução recente no aproveitamento da IA para a adaptação climática tem o potencial de tornar os conhecimentos sobre o clima mais acessíveis a todos os interessados. O seu emprego apresenta maior relevância no Sul Global, com menos acesso à tecnologia, e com áreas de mais alto risco. Como tal, a IA tem o potencial de reduzir o desequilíbrio entre as necessidades de adaptação e o direito de acesso à tecnologia. Relevante, portanto, que seja reforçada a democratização e a participação, não discriminatória, no desenvolvimento da IA para a adaptação climática.

As alterações climáticas são um fator de grande risco para a economia. Os efeitos financeiros do aquecimento global estão na escala de trilhões de dólares, se levarmos em consideração apenas a economia norte-americana. As companhias, por sua vez, enfrentam crescentes crises nas cadeias de abastecimento e na produção, fenômeno que possui tendência de aceleração nas próximas décadas. Os CEOs e líderes empresariais, outrossim, precisam se precaver das responsabilidades – civil, administrativa e criminal – pelos riscos assumidos em virtude das emissões das corporações.

Essa tecnologia pode desempenhar um papel vital no aperfeiçoamento do sistema de responsabilização jurídica, detalhando as vulnerabilidades operacionais decorrentes das alterações climáticas. Ao recorrer às fontes de dados complexos em mapas visuais de risco, os CEOs podem ver como a dinâmica das alterações climáticas podem vir a afetar negativamente os bens das empresas.

Entretanto, tal como acontece com a IA para adaptação climática para os governos, o acesso a tais ferramentas para as empresas precisa ser avaliado de modo crítico. As organizações que aproveitaram todo o potencial dessa tecnologia para a adaptação ao clima são poucas e não trabalham em conjunto. É necessária maior colaboração internacional para o seu desenvolvimento contínuo, bem como para a acessibilidade a esta tecnologia para tornar os conhecimentos sobre adaptação climática acessíveis a todos os interessados.

Estes são dois temas centrais emergentes nos quais a IA pode ser empregada para a adaptação climática. Muitas outras aplicações

promissoras estão surgindo, e precisam ser aceleradas para o atendimento dos objetivos do Acordo de Paris, tais como o uso de IA para responder aos riscos climáticos gerados aos produtos financeiros ou o uso da mesma para esforços humanitários preventivos.

A IA para o uso na adaptação climática já existe, com a utilização de análises avançadas de dados. Para aproveitar o verdadeiro potencial desta tecnologia para a adaptação climática de forma responsável, tais como o uso de dados sintéticos e a modelização preditiva, a abordagem crítica deve ser utilizada coletivamente. Nos dias atuais a ampliação do uso da IA na adaptação climática é dificultado pelas seguintes barreiras: a- na compatibilidade de dados; b- no acesso a modelos existentes e novos de IA; c- na aprendizagem de máquinas (AM); d- no acesso a recursos computacionais para executar modelos complexos; e- para a realização de perícias técnicas; f- para a obtenção de conhecimentos acionáveis e de domínio; g- para a livre gestão e tomada de decisões políticas.

A comunidade internacional pretende trabalhar em colaboração e colmatar lacunas de inovação para acelerar o uso responsável da IA para a adaptação climática em escala, reduzindo o risco de má adaptação. Para este fim, a Plataforma IA e AM do Fórum Econômico Mundial está a elaborar qual o papel que o próprio Fórum Econômico Mundial pode desempenhar para acelerar o uso da IA no combate às mudanças climáticas, tomando por base os quadros de governança fundados no consenso, em conjuntos de ferramentas e de casos de utilização das melhores práticas e técnicas disponíveis. A ideia é, com a utilização da IA demonstrar roteiros e abordagens compatíveis com a modelização climática, utilizando-se de dados consistentes, para que as instituições dos setores público e privado possam bem avaliar os impactos social, econômico e ambiental das mudanças do clima (Bergh, 2022).

A inflação é outra chaga da economia global que se ampliou nos últimos anos devido as alterações climáticas. De fato, a crescente frequência e a gravidade dos eventos climáticos extremos fazem subir os preços de tudo o que é fundamental para suprir as necessidades básicas das pessoas.

A IA, como mencionado anteriormente, pode ajudar no combate as alterações climáticas, reduzindo as emissões, melhorando a eficiência energética, e aumentando a utilização de fontes de energias renováveis.⁹ Por conseguinte, a Transição Verde, igualmente, é

9 É de se referir que Bill Gates entende que o combate a aquecimento global pode valer-se da inteligência artificial e deve ampliar a produção de energias reno-

um pilar no combate à inflação, e a IA é uma ferramenta importante para que este esforço alcance pleno êxito dentro de uma visão de macroeconomia.

O relatório de *2022 BCG Climate AI Survey*, como já referido, demonstra que 87% dos CEOs dos setores privado e público com poder de decisão sobre a IA e o clima acreditam que esta é uma ferramenta essencial na luta contra as mudanças climáticas. Entretanto, apenas 43% têm uma visão concreta de como a IA pode ser usada para o combate as mudanças climáticas. Existem vários modos pelos quais esta inteligência pode contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, por exemplo, por meio da eficiência energética ou da redução das emissões dos transportes, da agricultura e da indústria (Bergh, 2022). A IA pode também ajudar na adaptação aos impactos das mudanças climáticas, melhorando a capacidade dos gestores fazerem previsões de eventos climáticos extremos e, ainda, fornecer ferramentas de apoio às decisões para auxiliar a responder de forma mais eficiente às catástrofes e aos desastres ambientais. A IA contribui igualmente para o aumento da resiliência aos efeitos do aquecimento global, auxiliando os governos e as empresas a identificarem fatores de risco e desenvolverem planos de mitigação. As grandes lideranças dos setores público e privado reconhecem como um negócio de grande valor a redução das emissões e a necessária medição das mesmas.

Existem grandes desafios na sua utilização: não se trata de potencializar a IA, mas saber utilizá-la e onde aplicá-la. Numa futura economia descarbonizada, há oportunidades inexploradas de ação, o que reforça a necessidade de maior governança corporativa, *compliance* climático e estratégia sobre como ampliar o impacto da IA no combate aos nefastos efeitos do aquecimento do Planeta.

A dita IA climática é vital para subsidiar o debate humano sobre os investimentos e sobre a inovação para a descarbonização profunda da economia.¹⁰ Além disso, a IA pode promover uma ruptura com a dependência excessiva da economia mundial em relação aos combustíveis fósseis, e trazer elementos importantes para soluções

váveis, assim como a descoberta de novas tecnologias que possam diminuir as emissões de gases de efeito estufa e também capturar as emissões de gases de efeito estufa, especialmente até 2050 (GATES, Bill. **How to Avoid a Climate Disaster: The Solutions We have and Breakthroughs We Need**. New York: Knopf, 2021. p. 46).

10 A respeito dos caminhos jurídicos para a descarbonização da economia no Brasil, ver: PIMENTEL, Cácia; ROLIM, Maria João Carreiro Pereira (coord.). **Caminhos jurídicos e regulatórios para a descarbonização no Brasil**. 1. reimpressão. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2022.

inovadoras. Nesse sentido, pode melhorar a governança climática, aumentando os níveis de transparência e proporcionando ganhos de produção e de melhoria no armazenamento eficiente de energia renovável, o que aumenta a confiança no mercado verde para grandes investimentos no setor.

O *Quadro para a Utilização de IA no Combate às Mudanças Climáticas*, desenvolvido pelo Boston Consulting Group (BCG), para o último *Relatório IA para o Planeta*, contou com a contribuição de *experts* sobre a IA em seu chamado *Conselho Consultivo do Planeta*. O quadro compreende três temas principais: mitigação, adaptação e resiliência. A mitigação e os fundamentos são essenciais para os esforços de combate às mudanças climáticas, enquanto a adaptação e a resiliência são necessárias para garantir que as pessoas e a economia possam resistir aos efeitos das alterações climáticas atualmente. A resiliência exigirá uma visão de mundo sustentável, de longo prazo, intergeracional, ao nível dos sistemas e a utilização da IA para a identificação de riscos, vulnerabilidades e potenciais crises quando se trata de mudanças climáticas. Importante desenvolver as capacidades para responder rapidamente a tais ameaças e criar uma arquitetura de gestão climática eficiente e resiliente.

Evidentemente que a IA não pode ser usada para resolver a crise climática de forma isolada. Mas pode auxiliar os gestores públicos e privados nos processos de tomada de decisão combinados com outras técnicas como a *Análise do Custo-Benefício (Cost-Benefit Analyses)* (Sunstein, 2021, p. 45-52) e, igualmente, com a utilização de outras tecnologias emergentes.

Todavia, ao fim e ao cabo, até para evitar equívocos com base em vieses que a IA não está imune¹¹, será a mente humana, a vontade do ser humano, que deve prevalecer nas ações para o combate ao aquecimento global. A IA não é uma *varinha mágica* para o combate aos problemas sociais, econômicos e ambientais, mas uma ferramenta que pode ser utilizada para a construção de um futuro mais resiliente e que propicie uma adequada qualidade de vida para os seres humanos e não humanos.

Como se observa, a evolução da ciência, levou a um grande avanço da IA no que se refere ao *aprendizado* da mesma sobre o sistema climático. No passado, a adaptação era muitas vezes pensada como algo realizado após o fato, sem redundância, em resposta a

11 Sobre os efeitos nefastos dos vieses que também podem atingir a IA, ver: KAHNEMAN, Daniel. **Thinking, Fast and Slow**. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011; SUNSTEIN, Cass; HASTIE, Reid. **Wiser**. Getting Beyond Groupthink to Make Groups Smarter. Cambridge: Harvard Business Review Press, 2015.

um evento já ocorrido e consumado. Todavia, com a ampliação da gravidade e frequência dos eventos climáticos extremos, torna-se evidente a imperatividade de uma abordagem proativa de adaptação. Mister a antecipação, com base nos princípios da precaução e da prevenção¹², aos impactos potenciais das alterações climáticas, assim como a adoção das medidas de mitigação a serem efetivadas antes que eles ocorram. A essencialidade de tais medidas preventivas resta demonstrada pela necessidade de assegurar-se a resiliência das comunidades vulneráveis e da economia e a proteção das minorias que vivem em locais e construções inadequadas para o enfrentamento de extremos climáticos.¹³ A IA pode auxiliar a acelerar políticas climáticas de mitigação, de adaptação e de resiliência, fornecendo as ferramentas e os dados necessários para um processo de tomada de decisões bem informado e, se espera, *não discriminatório*.

A parte de *Mitigação do Quadro para a Utilização de IA* no Combate às Alterações Climáticas é uma combinação de *medição* nos níveis macro e micro, (redução da intensidade das emissões de GEE, melhoria da eficiência energética e redução do efeito estufa) bem como a *remoção* (remoção ambiental e remoção tecnológica).

Na medição em nível macro, as emissões ambientais globais são um componente crucial dos modelos que projetam o clima para o futuro. A IA pode aperfeiçoar tais modelos melhorando medidas ou digitalizando dados de teledetecção de satélites para uma análise mais aprofundada. Na medição em micronível, os produtores podem utilizar medições de emissões para compreender as pegadas de carbono dos seus produtos, acompanhar o seu progresso em direção aos objetivos de *ESG*, ou identificar oportunidades para reduzir as emissões. Os consumidores podem utilizar tais informações para fazer melhores escolhas sobre os produtos que adquirem e as suas ações para reduzir as emissões.

A emergência climática global exige esforços acelerados para reduzir os efeitos deletérios das emissões. Medidas de mitigação imediatas e mais ambiciosas são essenciais para evitar as consequências catastróficas das alterações climáticas. Existem três com-

12 Em relação a aplicação do princípio da precaução em tempos de aquecimento global, ver: WEDY, Gabriel. **O princípio constitucional da precaução**: como instrumento de tutela do meio ambiente e da saúde pública (de acordo com o Direito das Mudanças Climáticas e o Direito dos Desastres). 3. ed. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2020.

13 A respeito das minorias como maiores vítimas das mudanças climáticas, ver: WILLIAMS, Jeremy. **Climate Change Is Racist**: Race, Privilege and the Struggle for Climate Justice. London: Icon Books, 2021; FARBER, Daniel. Disaster Law and Inequality. **Law and Inequality**, Minneapolis, v. 25, n. 2, p. 297-322, 2007.

ponentes para a adoção dessas medidas: a- Redução da intensidade das emissões de GEE: As soluções de IA são utilizadas para apoiar a mudança para novas fontes de energia. A previsão do fornecimento de energia solar auxilia para identificar áreas onde existe potencial para aumentar a sua utilização, reduzindo assim as emissões de gases de efeito estufa; b- Redução de atividades geradoras de emissões. A IA pode também reduzir emissões otimizando as cadeias de abastecimento, com uma melhor previsão da procura ou do transporte eficiente de mercadorias. Isto pode ser feito utilizando dados para gerar modelos que façam a busca ou otimizem as rotas de transporte; c- Redução dos gases de efeito de estufa: Se os tomadores de decisão voltarem-se para soluções de geoengenharia para reduzir os efeitos das alterações climáticas, a IA será uma ferramenta essencial para acelerar a investigação química e pode auxiliar no desenvolvimento de novos materiais e processos que resultem em menos emissões de gases de efeito estufa. Desse modo haverá um encorajamento da mudança comportamental na sociedade, um *nudge*¹⁴, para a redução do consumo de energia e para a diminuição das emissões.

A remoção de gases com efeito de estufa na atmosfera é uma forma de mitigar as alterações climáticas, que tanto pode ocorrer por processos naturais, tais como o aumento da fotossíntese por árvores, ou por meios tecnológicos, tais como a captura e o armazenamento do carbono. Existem dois tipos principais de remoção: a- Remoção ambiental: Os ecossistemas naturais, tais como florestas, algas e zonas úmidas, essenciais na remoção do carbono atmosférico. A monitorização destes ecossistemas requer o recolhimento e o processamento de grandes quantidades de dados, papel que a IA pode desempenhar com grande eficiência; b- Remoção tecnológica: A remoção ambiental pode ser complementada com processos industriais, mas esses processos ainda estão no seu início, enfrentando problemas de escala e do seu conhecido alto custo. A IA, igualmente, seria uma forte aliada na solução destas questões.

Importante também observar como a IA relaciona-se com a adaptação e a resiliência. Nesse cenário, é relevante a projeção de tendências localizadas a longo prazo, com a finalidade de antecipar os impactos potenciais das alterações climáticas. É de se questionar: qual é a probabilidade de ocorrência de uma seca significativa numa determinada região durante os próximos vinte anos? Quais são os

14 A respeito dos incentivos para mudanças comportamentais, ver: SUNSTEIN, Cass; THALER, Richard. **Nudge**: Improving Decisions About Health, Wealth and Happiness. New Haven: Yale University Press, 2008.

impactos potenciais dessa seca na agricultura, no abastecimento de água e na saúde humana? A IA pode auxiliar nas respostas para estas perguntas com a análise de dados históricos e com a previsão de tendências futuras.

Além de prever tendências no longo prazo, a IA pode também ajudar a construir sistemas de alerta precoce que podem fornecer avisos, em tempo, sobre eventos futuros. Por exemplo, ao analisar dados de estações meteorológicas, imagens de satélite e redes de sensores, é possível identificar condições que levam a eventos meteorológicos extremos. Tais sistemas de alerta precoce podem permitir a adoção pelos seres humanos de medidas para mitigar os impactos destes eventos antes que estes ocorram. De acordo com Relatório do Fórum Econômico Mundial, a IA pode ajudar o mundo a combater os incêndios, desempenhando o relevante papel de prevenir sua ocorrência, utilizando fontes de dados como imagens de satélite, dados meteorológicos em tempo real, e a consulta a postos de comunicação social para desenvolver uma melhor detecção e algoritmos de propagação de fogo. Uma estrutura inteligente integrando todos estes sistemas é necessária para construir um mapa dinâmico de risco de incêndio com uma simulação interativa de propagação de incêndios.

Uma vez ocorrido um evento climático extremo, a IA auxilia na administração de crises, fornecendo ferramentas de apoio à decisão humana. Esta pode ser utilizada para identificar pessoas em risco de serem afetadas pelo evento e combinar esta informação com uma sugestão dos recursos materiais de que estas necessitam. A IA pode também monitorar a situação em tempo real e fornecer informações sobre a localização das pessoas, condições de infraestrutura e o estado dos esforços de socorro em um desastre climático.

Sistemas de irrigação inteligentes que utilizam dados meteorológicos e sensores de plantas para otimizar os horários de rega podem ajudar a reduzir os impactos da seca. Defesas contra inundações ativadas por IA que utilizam dados em tempo real sobre precipitações, níveis dos rios e elevação da terra podem ajudar a proteger comunidades contra inundações. E edifícios inteligentes que utilizam dados de sensores para ajustar aquecimento, arrefecimento e ventilação podem ajudar a poupar energia e a reduzir emissões.¹⁵ De acordo com um resumo de projeto da ONU, os Gráficos de Conhecimento podem armazenar e *raciocinar* sobre grandes quantidades de

15 Sobre construções sustentáveis e eficientes e a sua regulação, ver: GERRARD, Michael; HOWE, Jay Cullen. **The Law of Green Buildings: Regulatory and Legal Issues in Design, Construction, Operations, and Financing**. New York: New York Bar Association, 2011.

dados para ajudar a identificar padrões, correlações e dependências que de outra forma estariam ocultos em conjuntos de dados complexos e podem, igualmente, em última análise, analisar os impactos das inundações, das secas e de outros eventos meteorológicos extremos, o que permite a resiliência no enfrentamento ao aquecimento global.

A migração em grande escala é outro dos impactos potenciais das alterações climáticas. A IA pode auxiliar na sua gestão para a tomada de decisões políticas, fornecendo ferramentas de apoio à decisão para administrar os campos de refugiados, seguir os migrantes e coordenar os esforços de socorro.

Os sistemas de identificação de espécies que utilizam a aprendizagem mecânica podem ajudar a localizar e proteger seres vivos ameaçados de extinção. Já os sistemas de monitoramento ativados por IA que utilizam imagens de satélite e dados de sensores podem detectar o corte ilegal de árvores, a caça furtiva e outras atividades que ameaçam a biodiversidade.

EMPRESAS, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

De acordo com a Diretora da UNESCO para Parcerias e Programa Operacional de Monitorização, Comunicação e Informação do Setor e membro do grupo diretor da AI para o Planeta, Marielza Oliveira:

Não é possível enfrentar a nossa crise climática urgente e devastadora com soluções antigas. Temos de acrescentar uma tremenda quantidade de inovação à mistura. A Inteligência Artificial pode ajudar-nos a encontrar oportunidades para mudar a nossa dinâmica atual a uma escala suficientemente grande para um impacto rápido. Implementada de uma forma centrada no ser humano, responsável e ética, a IA é um acelerador para o desenvolvimento sustentável. Todos os dias, vejo o poder transformador da IA para o planeta em ação, desde permitir às empresas minimizar as emissões de carbono em toda a sua cadeia de valor, até ajudar os governos a prever e responder eficazmente aos padrões climáticos que afetam as comunidades costeiras vulneráveis. Isto é o que precisamos: todos os cérebros no convés”! (Minevich, 2022).

Nesse sentido, empresas estão se engajando no desenvolvimento e no emprego da IA nesta era das mudanças climáticas e existem vários exemplos.¹⁶ A Blue Sky Analytics, com sede em Haia, Holanda, é uma empresa de tecnologia climática especializada na conversão de dados de satélite em inteligência ambiental. O recolhimento de conjuntos de dados ambientais baseado em API da empresa utiliza dados de satélite, IA, e a nuvem para fornecer informações sobre vários tópicos relacionados com o planeta e a sua saúde. A empresa também apresenta o relatório *AI for the Planet* como um exemplo de um bem-sucedido da tecnologia climática.

A empresa One Concern, com sede na Califórnia, EUA, utiliza a inteligência artificial para estimar os danos causados por fenômenos naturais, com a adoção de uma abordagem holística para descobrir a exposição ao risco e a resiliência dos edifícios. Considera não apenas o risco climático e a exposição a catástrofes de um único edifício, mas também as redes das quais depende, tais como as ligações de transporte e as redes de energia.

Já a Cloud to Street, nos Estados Unidos, é uma empresa que utiliza satélites e IA para seguir as inundações em tempo real em qualquer lugar da Terra. A empresa faz a gestão de uma base de dados globais sobre inundações, que oferece conhecimentos sobre a exposição às cheias em todo o mundo e busca a redução do risco de cheias e o salvamento de vidas.

A Prospera, empresa baseada em Tel Aviv, é uma desenvolvedora de tecnologias de visão mecânica concebidas para monitorar e analisar o desenvolvimento, a saúde e o estresse das plantas. A tecnologia da empresa capta múltiplas camadas de dados de campos de cultivo, incluindo dados climáticos e visuais, para detectar anomalias mais cedo. A tecnologia da Prospera está disponível em painéis de controle móveis e web.

EXCI, com sede em Maroochydore, Austrália, é uma empresa de tecnologia de detecção de incêndios florestais que utiliza modelos de IA para fundir dados de satélites e sensores terrestres. Isto proporciona uma vigilância sistemática e persistente dos incêndios florestais, dando aos bombeiros os meios de inteligência para os gerir e combater eficazmente.

Por sua vez, a Kuzi é uma empresa queniana que utiliza inteligência artificial para prever as rotas de criação, ocorrência e mi-

16 Sobre a era das mudanças climáticas e a necessidade da adoção de novas tecnologias inseridas em uma ética de desenvolvimento sustentável, ver: WEDY, Gabriel. **Desenvolvimento sustentável na era das mudanças climáticas**: um direito fundamental. São Paulo: Editora Saraiva, 2018.

gração de gafanhotos do deserto do Chifre da África (região que inclui o nordeste do continente africano) e países da África Oriental. A ferramenta da empresa alimentada por IA utiliza dados de satélite, dados de sensores do solo, observação meteorológica terrestre, e aprendizagem de máquinas para fazer as suas previsões.

Estas soluções são apenas alguns exemplos ilustrativos de como a IA vindo sendo utilizada para adaptação e mitigação aos efeitos das alterações climáticas nos dias de hoje. A próxima fronteira da IA para o clima serão as ferramentas de apoio à decisão e ao incentivo comportamental, de forma a levar pessoas, empresas e governos a fazer a coisa certa porque é do seu melhor interesse.

Nesse sentido, a AI for the Planet Alliance lançou um apelo a soluções para fornecer visibilidade, redes e apoio empresarial para soluções de IA climáticas em todo o mundo. É uma aliança criada pela Startup Inside, com o Boston Consulting Group (BCG) e BCG GAMMA como parceiros do conhecimento, e em colaboração com a Fundação AI for Good; o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD); a Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO); e o Gabinete das Nações Unidas para as Tecnologias da Informação e Comunicação (OICT).

É uma coligação única, multidisciplinar, e diversificada destinada a:

1. Promover a inovação na aplicação de análises avançadas e inteligência artificial (IA) aos desafios climáticos, apoiada por peritos globais do meio acadêmico, startups, e dos setores público e privado;
2. Agir como uma plataforma global para identificar e priorizar os principais instrumentos e casos de utilização de IA na abordagem da crise climática;
3. Identificar e defender as soluções mais promissoras para enfrentar a mitigação das alterações climáticas, adaptação e resiliência, especialmente no Sul Global, oferecendo a visibilidade e o reconhecimento das soluções;
4. Assegurar o impacto à escala por meio de ações concretas e mensuráveis, tais como a construção do acesso ao financiamento e aos profissionais no terreno;
5. Facilitar o desenvolvimento de redes entre equipes de projeto, investidores e peritos no terreno – incluindo startups, empresas, e o setor público (Minevich, 2022).

Além disso, a AI for the Planet Alliance está atualmente avançando na busca global por *startups* que empregam a IA para abordar as alterações climáticas das seguintes formas: a- melhora da compreensão humana sobre o mundo natural e de como este está sendo modificado; b- desenvolvimento de novos métodos de monitoramento e medição de fenômenos ambientais; c- auxílio na tomada de melhores decisões sobre como utilizar, conservando os recursos naturais; d- redução das emissões de gases de efeito estufa; e- promoção de adaptação às alterações climáticas e atenuação dos seus efeitos.

A IA pode auxiliar na construção de um futuro mais resiliente para as presentes e futuras gerações. Na medida em que os efeitos das alterações climáticas se tornam mais generalizados e severos, é fundamental, entretanto, que avancem as pesquisas científicas na academia e os investimentos nas empresas, com a adoção dos princípios da precaução e da prevenção, para que a IA tenha uma segura evolução e possa gerar mais benefícios do que custos humanos e ambientais (Minevich, 2022).

CONCLUSÃO

A utilização da IA no combate às alterações climáticas mostra que é possível, com a necessária gestão de riscos, construir sistemas estruturais mais resilientes e robustos, capazes de resistir e de promover a recuperação dos setores atingidos por eventos climáticos extremos. Evidentemente, tal emprego deve ser associado a uma consistente investigação climática, bem como elaboração de modelos de transição econômica e social, além de um financiamento climático. Nesse cenário, são necessárias a fixação do preço do carbono, a implementação da educação ambiental e a mudança comportamental.

Governos e empresas que colocam a IA na sua rotina de governança podem contribuir em melhores condições para a resiliência, para adaptação e para os esforços de mitigação climática do que aqueles que não a adotam ou, o que é pior, que praticam o famigerado *greenwashing*, uma das novas facetas do direito antiambiental e do direito anticlimático.¹⁷

17 Sobre o que significa o direito antiambiental e anticlimático, ver: WEDY, Gabriel. **Litígios climáticos**: de acordo com o direito brasileiro, norte-americano e alemão. 2. ed. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2023.

No entanto, a maioria das soluções climáticas relacionadas com a IA existentes estão dispersas, são de difícil acesso, e carecem de recursos para serem desenvolvidas e melhor avaliadas. Por tais razões, faz-se primordial o avanço do financiamento para expansão da IA climática e para a completa informação dos inevitáveis riscos que os utilizadores desta tecnologia devem obrigatoriamente aces-sar. É de se reconhecer, ainda, que várias soluções inovadoras de tecnologia climática já estão promovendo um avanço na IA nos campos da adaptabilidade e de resiliência.

A IA, bem como outras tecnologias emergentes, podem desempenhar um papel importante para que sejam alcançados os ODS previstos na Agenda 2030, especialmente o ODS 13, que é referente a ação climática.¹⁸ Os algoritmos de IA têm um enorme potencial para evoluir em direções sustentáveis, incluindo a valorização da mitigação das alterações climáticas e a oferta de resiliência adicional e de adaptação ao impacto relacionado com o aquecimento global.

REFERÊNCIAS

- BERGH, Tim van den. How Artificial Intelligence Can Help us Prepare for Climate Adaptation, **World Economic Forum**, 8 nov. 2022. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2022/11/how-artificial-intelligence-can-prepare-us-for-climate-adaptation/>. Acesso em: 20 nov. 2023.
- EASTERBROOK, Steve. **Computing the Climate: How We Know What We Know About Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2023.
- FARBER, Daniel. Disaster Law and Inequality. **Law and Inequality**, Minneapolis, v. 25, n. 2, p. 297-322, 2007.
- FOLADORI, Guillermo. **Los Limites Del Desarrollo Sustentable**. Montevideo: Ediciones de la Banda Oriental; Revista Trabajo y Capital, 1999.
- FREITAS, Juarez; FREITAS, Thomas. **Inteligência Artificial e Direito: em defesa do humano**. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2020.

18 Em relação a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e, especialmente, sobre o ODS 13, ver: SACHS, Jeffrey. **The Age of Sustainable Development**. New York: Columbia University Press, 2015.

- GATES, Bill. **How to Avoid a Climate Disaster**: The Solutions We have and Breakthroughs We Need. New York: Knopf, 2021.
- GERRARD, Michael. **The Law of Clean Energy**. Efficiency and Renewables. New York: American Bar Association, 2011.
- GERRARD, Michael; BURGER, Michael; FREEMAN, Jody. **Global Climate Change and U.S Law**. 3. ed. New York: American Bar Association, 2023.
- GERRARD, Michael; HOWE, Jay Cullen. **The Law of Green Buildings**: Regulatory and Legal Issues in Design, Construction, Operations, and Financing. New York: New York Bar Association, 2011.
- HARPOR, Desmond. **Artificial Intelligence for Environmental Conservation**: Tackling Climate Change. New York: Independently published, 2021.
- KAHNEMAN, Daniel. **Thinking, Fast and Slow**. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011.
- LUFKIN, Bryan. Why the Biggest Challenge Facing AI is an Ethical One. **BBC Future**, 7 mar. 2017. Disponível em: <http://www.bbc.com/future/story/20170307-the-ethical-challenge-facing-artificial-intelligence>. Acesso em: 20 nov. 2023.
- MINEVICH, Mark. How To Fight Climate Change Using AI. **Forbes**, 8 jul. 2022. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/markminevich/2022/07/08/how-to-fight-climate-change-using-ai/?sh=31e7f79b2a83>. Acesso em: 20 nov. 2023.
- PIMENTEL, Cácia; ROLIM, Maria João Carreiro Pereira (coord.). **Caminhos jurídicos e regulatórios para a descarbonização no Brasil**. 1. reimpr. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2022.
- SACHS, Jeffrey. **The Age of Sustainable Development**. New York: Columbia University Press, 2015.
- SAMUEL, Katja L. H.; ARONSON-STORRIER, Marie; BOOKMILLER, Kirsten Nakjavani. **The Cambridge Handbook of Disaster Risk Reduction and International Law**. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.
- SMITH, Chris; McGUIRE, Brian; HUANG, Ting; YANG, Gary. **AI Winter and its Lessons**. Complete Historical Overview. Seattle: University of Washington, 2006. Disponível em: <http://courses.cs.washington.edu/courses/csep590/06au/projects/history-ai.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

- SUNSTEIN, Cass. **Averting Catastrophe:** Decision Theory for COVID-19, Climate Change, and Potential Disasters of All Kinds. New York: NYU Press, 2021.
- SUNSTEIN, Cass; THALER, Richard. **Nudge:** Improving Decisions About Health, Wealth and Happiness. New Haven: Yale University Press, 2008.
- SUNSTEIN, Cass; HASTIE, Reid. **Wiser.** Getting Beyond Groupthink to Make Groups Smarter. Cambridge: Harvard Business Review Press, 2015.
- TURING, Alan; COPELAND, Jack. **The Essential Turing:** Seminal Writings in Computing, Logic, Philosophy, Artificial Intelligence, and Artificial Life plus The Secrets of Enigma. Oxford: Clarendon Press, 2004.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). How Artificial Intelligence is Helping Tackle Environmental Challenges. UNEP, 7 nov. 2022. Disponível em: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/how-artificial-intelligence-helping-tackle-environmental-challenges>. Acesso em: 20 nov. 2023.
- VUPPALAPATI, Chandrasekar. **Specialty Crops for Climate Change Adaptation:** Strategies for Enhanced Food Security by Using Machine Learning and Artificial Intelligence. Heidelberg: Springer, 2023.
- WARWICK, Kevin. The Future of Artificial Intelligence and Cybernetics. **MIT Technology Review**, 10 nov. 2016. Disponível em: <https://www.technologyreview.com/s/602830/the-future-of-artificial-intelligence-and-cybernetics/>. Acesso em: 20 nov. 2023.
- WEDY, Gabriel. **Desenvolvimento sustentável na era das mudanças climáticas:** um direito fundamental. São Paulo: Editora Saraiva, 2018.
- WEDY, Gabriel. **Litígios climáticos:** de acordo com o direito brasileiro, norte-americano e alemão. 2. ed. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2023.
- WEDY, Gabriel. **O princípio constitucional da precaução:** como instrumento de tutela do meio ambiente e da saúde pública (de acordo com o Direito das Mudanças Climáticas e o Direito dos Desastres). 3. ed. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2020.
- WILLIAMS, Jeremy. **Climate Change Is Racist:** Race, Privilege and the Struggle for Climate Justice. London: Icon Books, 2021.