



Reflexões para um projeto contemporâneo: Design, Sustentabilidade e Inteligência Artificial

Reflections for a contemporary project: Design, Sustainability and Artificial Intelligence

**Carolina Vaitiekunas Pizarro, Doutora, Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Bauru.**

carolina.pizarro@unesp.br

**Adriana Yumi Sato Duarte, Doutora, Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Bauru.**

ays.duarte@unesp.br

Número da sessão temática da submissão – 3B (Design; Design para a sustentabilidade)

Resumo

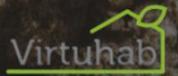
A contemporaneidade tem sido marcada pelos desafios na busca por um desenvolvimento sustentável e a este cenário, soma-se o avanço sem precedentes da Inteligência Artificial que vem sendo aplicada para auxiliar em soluções sustentáveis, mas ela mesma em si também constitui um desafio do ponto de vista ético, social e, portanto, ambiental. Este artigo apresenta a análise documental de dois relatórios da UNESCO e OCDE e de um guia do Instituto Alan Turing, voltados ao desenvolvimento ético da IA sendo permeados e caracterizados também pela perspectiva de um desenvolvimento sustentável que não se restringe à dimensão ecológica, mas se estende às dimensões social, econômica, cultural e espacial. Esta pesquisa realiza a análise dos documentos e seus direcionamentos principais para a formulação de políticas e para a prática de projeto, visando refletir sobre caminhos de desenvolvimento sustentável, agora inseridos na era da IA.

Palavras-chave: Design; Sustentabilidade; Inteligência Artificial

Abstract

Contemporary times have been marked by challenges in the search for sustainable development, and to this scenario, we must add the unprecedented advances in Artificial Intelligence, which has been applied to assist in sustainable solutions, but which in itself also constitutes a challenge from an ethical, social and, therefore, environmental point of view. This article presents a documentary analysis of two reports by UNESCO and OECD and a guide by the Alan Turing Institute, focused on the ethical development of AI, permeated and characterized by the perspective of sustainable development that is not restricted to the ecological dimension, but extends to the social, economic, cultural and spatial dimensions. This research analyzes the documents and their main guidelines for policy formulation and project practice, aiming to reflect on sustainable development paths, now inserted in the AI era.

Keywords: Design; Sustainability; Artificial Intelligence



1. Introdução

A evolução do Design se deu em consonância aos progressos verificados nos modos de produção suportados, entre outros fatores, pelos avanços nas tecnologias disponíveis em cada tempo, potencializando a criação de variadas e novas soluções para melhoria do entorno e da vida humana. Mas, este avanço teve também como propulsão a estruturação de uma sociedade de consumo, na qual os hábitos e as preferências do público se alteravam conforme a velocidade de novas e diferentes ofertas aumentava. O atendimento à esta demanda constante e cada vez maior teve um custo, principalmente na dimensão socioambiental (Jones *et al.*, 2024; Mishra *et al.*, 2024).

A partir deste cenário, a busca por um desenvolvimento sustentável relacionando economia, sociedade e meio ambiente (Sachs, 2008; Ruggerio, 2021) passou a fazer parte de discussões em nível global, entendendo que a raiz do problema opera também nesta escala e que, portanto, soluções deveriam partir do envolvimento destes atores (Greif *et al.*, 2024; ONU, 2025), e também da sociedade, trazendo-a para o debate de modo que os cidadãos reflitam sobre seus papéis enquanto consumidores, incentivando a reutilização ou reciclagem dentro de uma economia circular (Hossain *et al.*, 2024). Compreender melhor como lidar com materiais e produtos que já estão em circulação e com uma produção responsável daqueles que ainda estão na fase de projeto, tornou-se também uma tarefa do Design, entre outras áreas. Nesse sentido, compreender e monitorar o ciclo de vida dos produtos surge como um caminho com potencial transformador para que possam ser realizados ajustes que favoreçam mitigar ou eliminar impactos negativos (Papanek, 1972; Manzini e Vezzoli, 2002).

Dentro dessa perspectiva, atualmente, mais uma vez a tecnologia se apresenta em sua dualidade, como potencial solução, mas que também provoca novos problemas. Na contemporaneidade a mais recente onda tecnológica cujo nível de escalabilidade é sem precedentes é a Inteligência Artificial (IA) (Suleyman; Bhaskar, 2023). Ao mesmo tempo que esta traz muitos benefícios, inclusive promovendo soluções na busca por uma sociedade mais sustentável, a IA traz também sérios riscos de ordem ética (Coeckelberg, 2023; Oliveira, 2022) que incluem um impacto significativo também na dimensão ambiental para a qual busca colaborar (Crawford, 2021; Li *et al.*; 2023). Nesse sentido, considerar ações éticas nas cinco dimensões social, econômica, ecológica, cultural e espacial propostas por Sachs (2008), torna-se mandatório também no ciclo de vida da IA.

Assim, governos, instituições, empresas e sociedade são chamados à ação para refletir e redescobrir caminhos de desenvolvimento sustentável, agora inseridos na era de uma tecnologia cujo nível de interação e impacto supera em muitas suas antecessoras. Cabe então, a ponderação sobre quais iniciativas do ponto de vista de um diálogo global voltado à ação vem sendo realizadas paralelamente às regulações por parte dos estados, que terão força de lei, mas estão em diferentes níveis elaboração e implantação. Para colaborar com o debate, esta pesquisa realiza a análise de três documentos e seus direcionamentos principais para a formulação de políticas e para a prática de projeto que podem auxiliar nessa jornada.

2. Desenvolvimento sustentável e design: conceitos e definições

Com a degradação dos recursos naturais e o impacto crescente das alterações climáticas, há uma necessidade urgente de abordagens inovadoras para a gestão de recursos, redução das emissões de carbono e sustentabilidade dos ecossistemas (Jones *et al.*, 2024). O rápido



desenvolvimento da economia global, impulsionado pelo consumo excessivo de recursos naturais e por políticas de desenvolvimento insustentáveis, levou a graves problemas socioeconômicos e desafios ambientais nas últimas décadas (Mishra *et al.*, 2024).

Neste cenário, o desenvolvimento sustentável é protagonista das ações e políticas públicas em escala global. Em termo gerais, o desenvolvimento sustentável relaciona economia, sociedade e meio ambiente (Ruggerio, 2021), e tem como principal definição aquele que "atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades" (Brundtland, 1987, p.43).

De acordo com Sachs (2008), o desenvolvimento sustentável deve ser analisado em cinco dimensões:

- a) Social: desenvolvimento de uma sociedade igualitária;
- b) Econômica: maior eficiência no uso de recursos;
- c) Ecológica: utilização dos recursos naturais com o mínimo de danos aos sistemas ecológicos;
- d) Cultural: proposição de um processo de modernização local;
- e) Espacial: busca por uma configuração equilibrada na distribuição territorial.

Para alcançar o desenvolvimento sustentável, várias iniciativas políticas foram estabelecidas ao longo das últimas décadas. Um importante marco foi a Agenda 21, documento publicado na Eco-92 no Rio de Janeiro que estabeleceu um pacto pela mudança no padrão de desenvolvimento global para o próximo século (MMA, 2025). O conceito de desenvolvimento sustentável assinado na Agenda 21 também foi incorporado em outras agendas de desenvolvimento mundial e direitos humanos.

No ano 2000, os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) abordavam os principais desafios globais visando principalmente países em desenvolvimento com questões como condições extremas pobreza, fome, doenças, falta de escolaridade adequada e degradação ambiental (Greif *et al.*, 2024).

Em 2015, a Assembleia Geral das Nações Unidas adotou os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 com 17 objetivos e 169 alvos. Desde então, maior atenção tem sido dada à sustentabilidade em diferentes níveis de estruturas de governança em instituições financeiras, empresas dos setores público e privado, e em governos em todo o planeta. Os ODS são a agenda de desenvolvimento internacional, incorporando desafios como desigualdade econômica, inovação, consumo sustentável, paz e justiça, entre outros (ONU, 2025).

Além das políticas públicas, os indivíduos estão começando a considerar o seu senso de responsabilidade com o meio ambiente a curto, médio e longo prazos. Uma vez que se tornam agentes ativos, novas demandas e conjunto de valores estimulam o desenvolvimento de um sistema de produção diferente. Neste contexto surge o conceito de economia circular que defende a reconsideração de produtos, componentes e materiais que seriam descartados para reutilização ou reciclagem (Hossain *et al.*, 2024).

De acordo com Pearce e Turner (1989), no modelo de economia circular não existe descarte de materiais ou de produtos, sendo definidos o destino e reciclagem dos refugos em todas as etapas do processo produtivo. Para Morsetto (2020), a economia circular é um modelo econômico voltado para o uso eficiente de recursos por meio da minimização de resíduos, redução de exploração de recursos primários e ciclos fechados de produtos, componentes e materiais dentro dos limites da proteção ambiental e benefícios socioeconômicos. O modelo circular possui três princípios básicos: (1) preservação e aumento do capital natural, (2) circulação constante e (3) eficácia do sistema (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Para McDonough e Braungart (2010), os recursos podem se regenerar em dois ciclos: o biológico e o técnico. O consumo ocorre somente nos ciclos biológicos, em que os alimentos e materiais de base biológica retornam ao sistema de forma natural, podendo ocorrer com ou sem a intervenção do ser humano. Nos ciclos técnicos, com energia suficiente, a regeneração ocorre somente com a intervenção humana, conforme Figura 1.

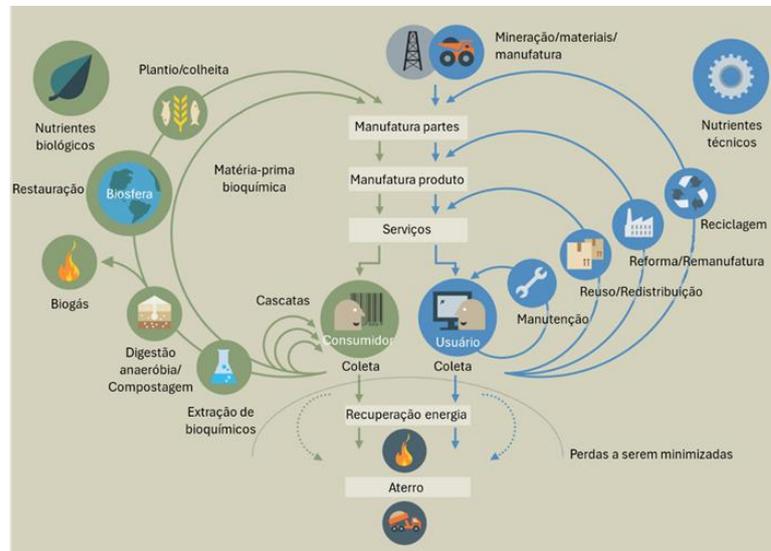


Figura 1: Ciclos da economia circular (adaptado de Ellen MacArthur Foundation, 2017)

Assim, uma economia circular é restaurativa e regenerativa por princípio quando busca a otimização dos materiais, amplia a vida útil dos produtos e ativos durante e após o seu uso, reduz o uso de insumos e recursos não renováveis e opta pela utilização de recursos renováveis e insumos de base biológica (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

A partir do final do século XX, a questão ambiental se tornou um requisito para o desenvolvimento e concepção de qualquer produto, especialmente no Design. Papanek (1972) desenvolveu diversos projetos com instruções detalhadas para que os usuários pudessem concebê-los em casa. Para o autor, o Design deveria ser socialmente engajado e com consciência coletiva global. Manzini e Vezzoli (2002, p. 91) introduziram no processo projetual o ciclo de vida que “refere-se às trocas (*input* e *output*) entre o ambiente e o conjunto dos processos que acompanham o ‘nascimento’, ‘vida’ e ‘morte’ de um produto”.

O ciclo de vida dá ênfase aos impactos ambientais e sociais de um produto nas etapas de fabricação, uso e descarte. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) emergiu como um campo promissor para apoiar as decisões de projeto, sendo descrita pela norma ISO 14040 (2006) como uma técnica para identificar e selecionar oportunidades para melhorar indicadores ambientais. A ACV permite identificar os processos, materiais e sistemas que mais ameaçam o meio ambiente, comparar opções de minimização de risco e traçar uma estratégia de longo prazo para o projeto e o uso de materiais de um produto. Na contemporaneidade, para além dos produtos físicos e/ou serviços, um outro ambiente tem apresentado impacto significativo na busca por um desenvolvimento sustentável: o ambiente digital, em especial a ampliação do uso da Inteligência Artificial.

3. Sustentabilidade e Inteligência Artificial: novos desafios



A IA deixou de fazer parte somente da realidade dos laboratórios ou empresas de tecnologia, e se encontra no mundo real, passando a fazer parte do cotidiano dos cidadãos (Suleyman; Bhaskar, 2023). Embora a IA enquanto tecnologia tenha o potencial para trazer muitos benefícios à humanidade, é também verdade que traz sérios riscos e impactos sociais (incluindo ambientais).

Pelo fato de os modelos de IA serem treinados com base nos dados captados diretamente em sociedade – quando as pessoas fazem uso das soluções digitais –, muitos dos problemas verificados no mundo real podem ser replicados no âmbito digital, tais como preconceitos, vieses, informações falsas etc. (Coeckelberg, 2023). Na atualidade, as chamadas *Big Techs* que detém muitos dos desenvolvimentos em IA e acesso aos dados de milhares de pessoas, incluindo seus hábitos e comportamentos. Esta dinâmica molda o escopo de escolha dos cidadãos e estabelece questões de poder e influência junto aos governos, que no momento buscam maneiras de regulamentar a IA visando a salvaguarda de direitos humanos sem inibir a inovação. Cabe destacar que conforme Oliveira (2022, p.141), “[...] o desenvolvimento digital não garante a inclusão social e a sustentabilidade, sendo que pode reforçar e aumentar a exclusão social e a degradação ambiental”.

Para Crawford (2021) se os minerais são a espinha dorsal da IA, sua força vital é a energia elétrica, mas os desenvolvimentos em computação avançada quase não são publicamente associados às pegadas de carbono, combustíveis fósseis ou poluição:

O setor de tecnologia divulga fortemente suas políticas ambientais, iniciativas de sustentabilidade e planeja resolver problemas relacionados ao clima usando IA como ferramenta de solução de problemas. Tudo faz parte de uma imagem pública altamente produzida de uma indústria tecnológica sustentável e sem emissões de carbono. Na realidade, é preciso uma quantia gigantesca de energia para operar as infraestruturas computacionais da Amazon Web Services ou Azure da Microsoft, e a pegada de carbono dos sistemas de IA executados nessas plataformas estão crescendo (Crawford, 2021, p.40, tradução nossa).

Li et al. (2023) inclusive enfatizam que o aumento do consumo de energia nos *data centers* têm crescido em uma velocidade sem precedentes, o que tem feito com que a pegada de carbono da IA seja submetida a um escrutínio, impulsionando o recente progresso na eficiência do carbono da IA. Entretanto, os autores apontam que a pegada hídrica da IA referente aos muitos milhões de litros de água doce que são consumidos para resfriar os servidores e para a geração de eletricidade permaneceu em grande parte fora do radar. Como exemplo, os autores demonstram que o GPT-3, uma IA generativa baseada em processamento de linguagem natural, precisa “beber” (ou seja, consumir) uma garrafa de 500ml de água para entregar de 10 a 50 respostas médias e este número pode ser maior dependendo de quando e onde for implantado.

Nesse cenário, Van Wynsberghe (2021) destaca que o termo “IA Sustentável” ainda está na infância, constituindo uma área de pesquisa que precisa ser ampliada. A autora sugere que a IA Sustentável deve ser entendida como sendo composta por duas dimensões: a *IA para a sustentabilidade* (voltada, por exemplo a utilizar a IA em soluções que tenham como foco o desenvolvimento sustentável) e a *sustentabilidade da IA* (por exemplo, redução das emissões de carbono e do poder computacional):

A IA Sustentável é um movimento para promover mudanças em todo o ciclo de vida dos produtos de IA (ou seja, geração de ideias, treinamento, reajuste, implementação, governança) em direção a uma maior integridade ecológica e justiça social (Van Wynsberghe, 2021, p.213, tradução nossa).

A busca por mitigar ou neutralizar os impactos negativos do projeto, aplicação e uso da IA promovendo a ética, inclusive no âmbito do desenvolvimento sustentável, tem feito parte de ações tanto de governos, quanto de instituições. Neste sentido, alguns esforços multilaterais têm sido verificados tendo como resultado a produção de documentações amplamente divulgadas

online cujo foco é chamar a atenção para a importância de tratar o tema sustentabilidade e IA com sugestões sobre como fazer isso.

4. Procedimentos Metodológicos

Esta é uma pesquisa qualitativa, de caráter exploratório cujo foco foi compreender como o tema sustentabilidade e IA tem sido abordado por diferentes órgãos em escala global, entendendo que esta discussão é pertinente e deve ser norteadora para projetos em Design voltados à IA ou que integrem esta tecnologia à solução projetada.

Para tal, foi realizada uma busca online de relatórios de alcance global que tratassem o tema sustentabilidade como parte do desenvolvimento de uma IA ética. Não fizeram parte da busca leis e/ou regulamentações previstas por diferentes países pelo fato de que muitas dessas ainda estão em fase de elaboração ou aprovação e, portanto, não estão em seu formato definitivo. Após a busca, empreendeu-se a análise documental para que o material analisado seja desconstruído e reconstruído para responder ao questionamento de origem da pesquisa a partir das ligações que o pesquisador faz entre os fatos acumulados e os elementos (Cellard, 2012).

5. Análises dos Resultados ou Discussões

Para análise foram selecionados três documentos, sendo dois de órgãos multilaterais com diversos países signatários disponibilizados em português e um de um instituto que criou um manual dividido em dois volumes totalmente dedicado ao tema sustentabilidade e IA disponibilizado em inglês.

Os dois primeiros são “Recomendações sobre a ética da Inteligência Artificial” (UNESCO, 2022) e “Princípios de IA disponibilizados online pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico” (OCDE, 2024), criados em 2019 e atualizados em 2024. O terceiro documento analisado é um manual dividido em dois volumes denominado “AI Sustainability in Practice” (Leslie et al., 2023) que trata especificamente do tema sustentabilidade e IA criado pelo Alan Turing Institute (Instituto Alan Turing) do Reino Unido que leva o nome do matemático conhecido como o pai da IA. A Figura 2 mostra os documentos.

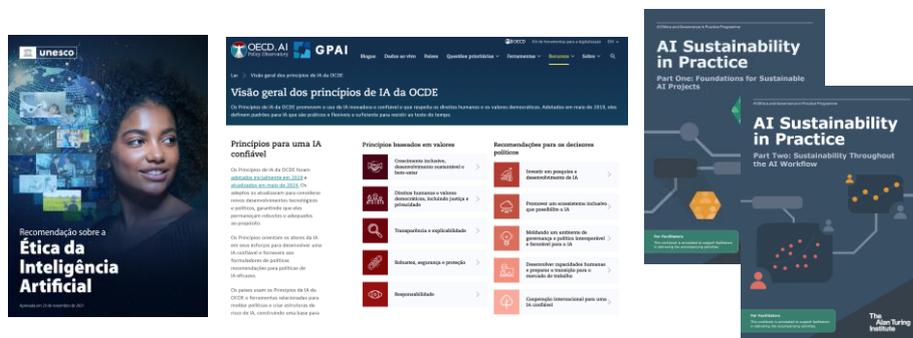


Figura 2: Documentos analisados

O documento “Recomendações sobre a ética da Inteligência Artificial” (UNESCO, 2022) foi publicado em 2022 trazendo valores e princípios que devem ser respeitados por todos os atores envolvidos em algum grau no ciclo de vida dos sistemas de IA e quando necessário devem ser promovidos por meio de alterações à legislação existente e da elaboração de novas

leis, regulamentos e diretrizes empresariais. Por sua vez, os Princípios de IA disponibilizados *online* pela OCDE (2024) também trazem recomendações para decisores políticos. A Figura 3 traz estes pontos:

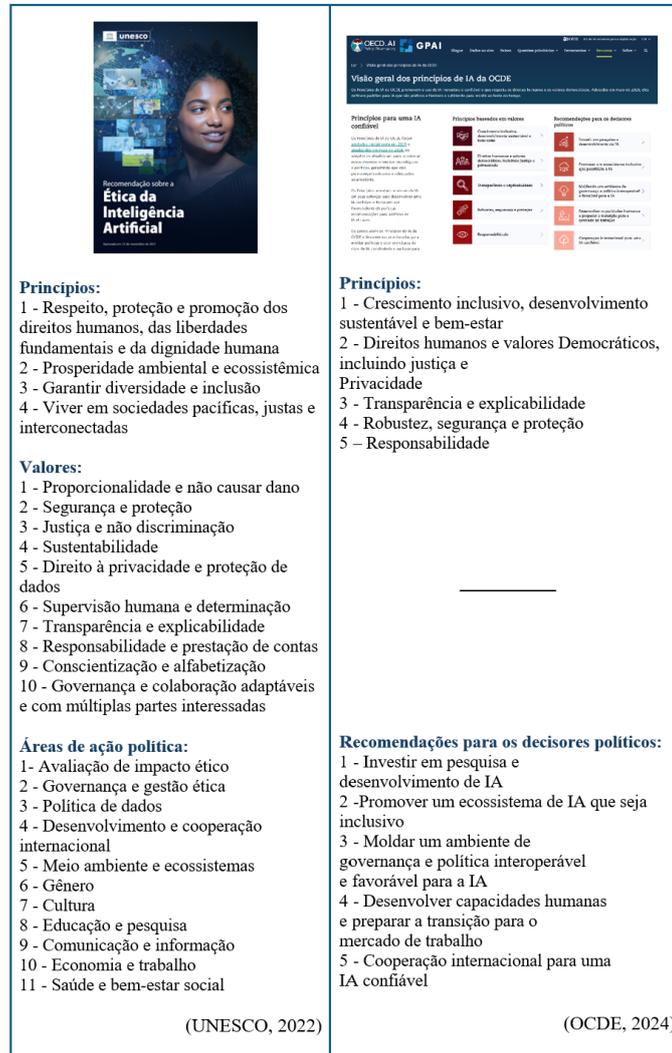


Figura 3: Comparação entre os conteúdos dos relatórios baseados em princípios da UNESCO e OCDE.

Analisando os tópicos de conteúdo tratados nos documentos, embora o da OCDE não apresente tópicos de Valores específicos como o da UNESCO, fica evidente que ambos se dedicam a propor ações nas cinco dimensões de Sachs (2008): social, econômica, ecológica, cultural e espacial, desde os Princípios até sua materialização na dimensão política. Por serem órgãos multilaterais, de modo coerente defendem que estas estratégias estejam alinhadas ao aporte jurídico e legislativo dos diferentes países, considerando suas especificidades.

A OCDE apresenta inclusive uma estrutura de base de como funcionam os sistemas de IA entendendo que na fase de desenvolvimento ou construção do sistema (a) o contexto percebe o sistema de IA e interage com ele. Após esta interação que se dá por meio do uso (b) o contexto passa a sofrer influência deste sistema de IA. A organização desta dinâmica pode ser verificada na Figura 4.

Um sistema de IA é um sistema baseado em máquina que, para objetivos explícitos ou implícitos, infere, a partir da entrada que recebe, como gerar saídas como previsões, conteúdo, recomendações ou decisões que podem influenciar ambientes físicos ou virtuais. Diferentes sistemas de IA variam em seus níveis de autonomia e adaptabilidade após a implantação.

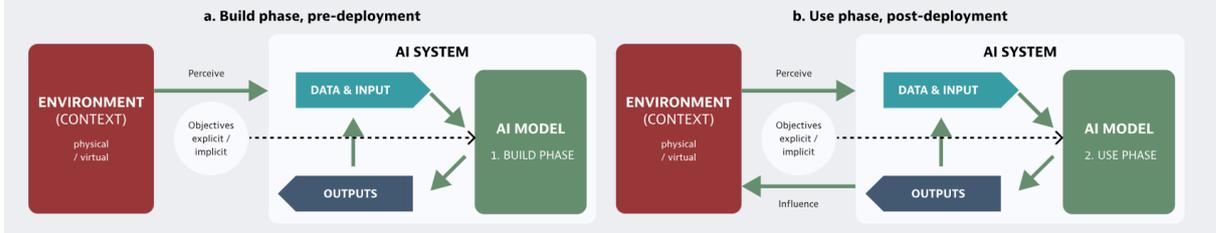


Figura 4: Estrutura de um sistema de IA nas fases de desenvolvimento (a) e uso (b) elaboradas pela OCDE (2024).

A partir do entendimento do sistema e de que ele está condicionado ao contexto, influenciando-o e sendo influenciado por ele em uma troca permanente, a OCDE propõe um modelo do Ciclo de vida da IA apresentando-o como um processo iterativo, ou seja, que pode ser retomado, verificado e corrigido conforme se alteram as demandas no tecido social. A Figura 5 mostra os detalhes.

As fases do ciclo de vida do sistema de IA envolvem: i) 'design, dados e modelos'; que é uma sequência dependente do contexto que abrange planejamento e design, coleta e processamento de dados, bem como construção de modelos; ii) 'verificação e validação'; iii) 'implantação'; e iv) 'operação e monitoramento'. Essas fases geralmente ocorrem de forma iterativa e não são necessariamente sequenciais. A decisão de retirar um sistema de IA da operação pode ocorrer a qualquer momento durante a fase de operação e monitoramento.

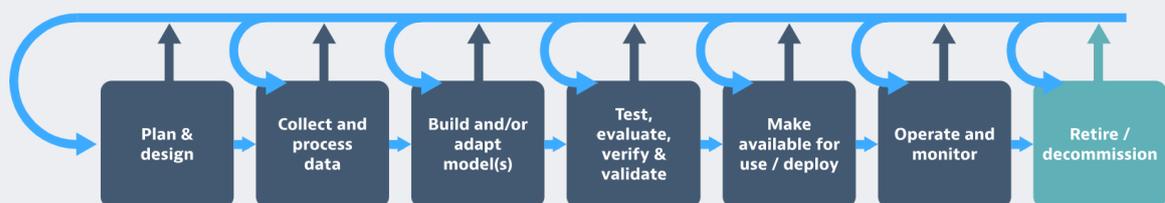


Figura 5: Ciclo de vida da IA proposto pela OCDE (2024).

Esta estrutura dinâmica e iterativa (que caracteriza também os processos em design) se justifica na medida em que os impactos da IA são variáveis e muitos ainda desconhecidos, além de tantos outros que podem surgir com os desenvolvimentos futuros. Destaca-se que a iteratividade do processo é um fator importante também do ponto de vista do desenvolvimento sustentável, pois, permite ajustes na rota quando detectado algum risco iminente de prejuízo em suas dimensões o que, no limite, pode favorecer a abertura de caminhos para pesquisas que considerem o desenho de uma perspectiva circular também para a IA.

Conquanto os documentos da UNESCO e OCDE estejam bem estruturados e tenham como recomendação a necessidade de revisão e recalibragem constante das soluções envolvendo a IA de acordo com o contexto, as publicações não colocam indicações práticas sobre como operacionalizar estes pontos em soluções para os seres humanos de maneira concreta. Neste ponto, o Instituto Alan Turing (2023) traz um guia dividido em dois volumes que busca preencher esta lacuna, especificamente tratando de como projetar soluções visando o

desenvolvimento sustentável com a IA e envolvimento de partes interessadas por todo o processo. A Figura 6 traz os pontos destacados nos documentos resumo dos guias:

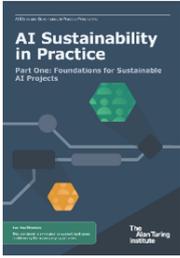
<p>VOL. 1</p>  <p>Foco do documento:</p> <p>Apresenta conceitos fundamentais necessários para realizar projetos sustentáveis de IA.</p> <p>Apresenta como base mecanismos de governança para ajudar equipes de projetos de IA colocar a Sustentabilidade da IA em prática, incluindo:</p> <ul style="list-style-type: none">• Os Valores SUM (Respeito, Conexão, Cuidado e Proteger), que apoiam a reflexão e avaliação dos potenciais impactos sociais e permissibilidade ética de projetos de IA.• O Processo de Envolvimento das Partes Interessadas (SEP), que facilita envolvimento e contribuição das partes interessadas.• O SEP envolve:<ul style="list-style-type: none">• identificar as partes interessadas e avaliar sua relevância (Análise das Partes Interessadas);• avaliar a posição da equipe relacionada ao das partes interessadas (Reflexão de Posicionalidade); e• estabelecer os Objetivos e Métodos para o envolvimento das partes interessadas. <p>(Leslie et al., 2023a)</p>	<p>VOL. 2</p>  <p>Foco do documento:</p> <ul style="list-style-type: none">• Explora como colocar os valores SUM e o princípio da Sustentabilidade da IA em prática em todo o design, desenvolvimento e ciclo de vida da implantação.• Discute Avaliações de Impacto das Partes Interessadas (AIS) em profundidade, fornecendo ferramentas, treinamento e recursos para ajudar as equipes de projetos de IA a conduzir esses. Isso inclui:<ul style="list-style-type: none">• fornecer um modelo da AIS e atividades que permitem um mergulho mais profundo• nas partes cruciais dele;• discutir métodos para pesar valores e considerar compensações durante a AIS; e• destacar a necessidade de tratar a AIS como um processo de ponta a ponta de avaliação responsiva e reavaliação. <p>(Leslie et al., 2023b)</p>
---	---

Figura 6: Principais pontos destacados no conteúdo dos resumos dos guias do Instituto Alan Turing (Leslie et. al, 2023a e 2023b, tradução nossa).

Apoiados em vasta bibliografia (incluindo UNESCO e OCDE), os documentos não somente explicam como conduzir um processo de projeto incluindo a IA de maneira sustentável, como instrumentalizam projetistas e facilitadores a liderar estas atividades, trazendo modelos de ferramentas a serem empregadas em cada fase e detalhando possibilidades sobre como inserir as partes interessadas no desenvolvimento da solução desde o início favorecendo, portanto, que a solução pensada considere também as dimensões social, econômica, ecológica, cultural e espacial (Sachs, 2008).

6. Considerações Finais

O Design é o campo do conhecimento que produz soluções voltadas a melhoria da qualidade de vida humana diante de contextos complexos, envolvendo as dimensões sociais, culturais, ambientais, tecnológicas, econômicas e políticas. Um dos reflexos da produção do Design foi a insustentabilidade do desenvolvimento humano muito pautada pelo consumo excessivo.



A este cenário tem-se verificado a ampliação do desenvolvimento e uso da IA para diferentes finalidades, entre elas, a busca por soluções do ponto de vista ambiental. Contudo, utilizar a IA para buscar soluções ambientalmente favoráveis não deve significar desconsiderar que a mesma também impacta a sociedade (e o ambiente) de maneira positiva e negativa em seu próprio ciclo de vida.

Após a análise, ficou evidente que os documentos da UNESCO e da OCDE trazem importantes contribuições na sintetização de valores, princípios e recomendações políticas de uso ético da IA favorecendo que políticas públicas sejam desenvolvidas tendo como norte os direitos humanos fundamentais. Por sua vez, os guias do Instituto Alan Turing contribuem para operacionalizar a ética dentro de um processo estruturado, com foco na sustentabilidade e que posiciona os seres humanos no centro do processo, algo que claramente potencializa a dinâmica de desenvolvimento em Design, que é justamente a área responsável por projetar a interface entre seres humanos e a tecnologia.

Destaca-se que os documentos analisados trazem relevantes contribuições dentro de suas *expertises* seja no nível de políticas (UNESCO e OCDE) ou no nível operacional/de projeto (Instituto Allan Turing), o que pode apoiar ações e decisões dentro de um Ciclo de vida da IA. O caráter iterativo do Ciclo de vida proposto pela OCDE permite que as tomadas de decisões políticas, por força de lei ou de caráter preventivo, possam ser incorporadas ajustando diferentes fases do processo. Essa dinâmica oportuniza que a partir do acompanhamento dos desafios que forem surgindo ao longo do Ciclo de vida sejam desenhadas novas perspectivas e pesquisas que possam fundamentar uma circularidade também para a IA. Assim, o conceito de Economia Circular já aplicado em produtos físicos pode auxiliar a implementar um caráter restaurativo e regenerativo, tanto na fase de criação de soluções que envolvam a IA, quanto nas fases de uso e após o uso.

Se melhorar os ciclos de vida de produtos físicos se tornou um desafio para a área do Design nas últimas décadas, parece pertinente e urgente que se reflita desde já sobre o ciclo de vida de uma tecnologia como a IA, cujos impactos já se fazem sentir e cuja adoção tende somente a aumentar nos anos que virão. Nesse sentido, o presente trabalho configura uma contribuição original ao trazer reflexões sobre estas relações apoiado em bibliografia pertinente, as quais podem favorecer o desenvolvimento de novas pesquisas e políticas públicas para as áreas envolvidas.

Referências

OLIVEIRA, Cristina G. B. Desafios da regulação do digital e da inteligência artificial no Brasil. **REVISTA USP**, v. 1, p. 9-241, 2022. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.i135p137-162> . Acesso em: 28 jan. 2025.

BRUNDTLAND, G.H. **World commission on environment and development: Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

CELLARD, André. A análise documental. In: POUPART, Jean et al. **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis: Vozes, 2012 (Coleção Sociologia).

COECKELBERGH, Mark. **Ética na inteligência artificial**. Tradução: Clarisse de Souza et al. São Paulo. Rio de Janeiro: Ubu. Editora PUC-Rio, 2023.



CRAWFORD, K. **Atlas of AI: Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence**. Yale University Press, 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Rumo à economia circular: o racional de negócio para acelerar a transição**. 2015. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition> . Acesso em 30 jan 2025.

GREIF, Lucas et al. A systematic review of current AI techniques used in the context of the SDGs. **International Journal of Environmental Research**, v. 19, n. 1, p. 1, 2024. <https://doi.org/10.1007/s41742-024-00668-5>. Acesso em: 18 jan. 2025.

HOSSAIN, Mokter et al. **Circular economy: A review of review articles**. Business Strategy and the Environment, v. 33, n. 7, p. 7077-7099, 2024. <https://doi.org/10.1002/bse.3867> . Acesso em: 28 jan. 2025.

ISO 14040: 2006. **Environmental management – Life Cycle Assessment – Principle and framework**. 20p., 2006.

JONES, Jack et al. AI for sustainable development: Applications in natural resource management, agriculture, and waste management. **International Transactions on Artificial Intelligence**, v. 2, n. 2, p. 143-149, 2024. <https://doi.org/10.33050/italic.v2i2.552>. Acesso em : 30jan. 2025.

LESLIE, D., RINCÓN, C., BRIGGS, M., PERINI, A., JAYADEVA, S., BORDA, A., BENNETT, SJ. BURR, C., AITKEN, M., KATELL, M., FISCHER, WONG, J., AND KHERROUBI GARCIA, I. **AI Sustainability in Practice. Part One: Foundations for Sustainable AI Projects**. The Alan Turing Institute. 2023a. Disponível em: <https://www.turing.ac.uk/news/publications/ai-ethics-and-governance-practice-ai-sustainability-practice-part-one-foundations> . Acesso em 18 jan.2025.

LESLIE, D., RINCÓN, C., BRIGGS, M., PERINI, A., JAYADEVA, S., BORDA, A., BENNETT, SJ. BURR, C., AITKEN, M., KATELL, M., FISCHER, WONG, J., AND KHERROUBI GARCIA, I. **AI Sustainability in Practice Part Two: Sustainability Throughout the AI Workflow**. The Alan Turing Institute. 2023b. Disponível em: <https://www.turing.ac.uk/news/publications/ai-ethics-and-governance-practice-ai-sustainability-practice-part-two> . Acesso em 18 jan.2025.

LI, P., YANG, J., ISLAM, M.A., and REN, S. (2023). "Making AI Less Thirsty: Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models." **arXiv preprint** arXiv:2304.03271. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.03271>. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2304.03271> . Acesso em: 28 jan. 2025.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: EdUSP, 2002.

MCDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael. **Cradle to cradle: Remaking the way we make things**. North point press, 2010.



MISHRA, Manoranjan et al. A bibliometric analysis of sustainable development goals (SDGs): a review of progress, challenges, and opportunities. **Environment, development and sustainability**, v. 26, n. 5, p. 11101-11143, 2024. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03225-w>. Acesso em: 20 jan. 2025.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 Global**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html>. Acesso em 30 jan 2025.

MORSELETTO, Piero. Targets for a circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 153, p. 104553, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553> . Acesso em: 28 jan.2025.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Princípios de IA**. Visão geral dos princípios de IA da OCDE. Disponível em: <https://oecd.ai/en/ai-principles> . Acesso em: 18 jan.2025.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> . Acesso em 18 jan 2025.

PAPANЕК, Victor. **Design for the real world**. Bantam Book: New York, 1972.

PEARCE, David W.; TURNER, R. Kerry. **Economics of natural resources and the environment**. Johns Hopkins University Press, 1989.

RUGGERIO, Carlos Alberto. Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions. **Science of the Total Environment**, v. 786, p. 147481, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147481> .Acesso em: 27 jan.2025.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

SULEYMAN, Mustafa; BHASKAR, Michael. **A próxima onda: Inteligência artificial, poder e o maior dilema do século XXI**. Rio de Janeiro: Record, 2023. Edição digital – e-Book.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Recomendações sobre a ética da inteligência artificial**. 2022. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_por . Acesso em: 08 jan. 2025.

VAN WYNSBERGHE, A. Sustainable AI: AI for sustainability and the sustainability of AI. **AI Ethics** 1, 213–218 (2021). <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00043-6> . Acesso em: 10 jan. 2025.