

A inteligência artificial como facilitadora do processo de transferências de tecnologias sustentáveis: uma *scoping review*

RESUMO

Este estudo tem como objetivo analisar como a Inteligência Artificial (IA) vem sendo utilizada como facilitadora do processo de transferência de tecnologias sustentáveis. A pesquisa adota abordagem qualitativa, por meio de uma *Scoping Review* realizada nas bases *Scopus* e *Web of Science*, seguindo as diretrizes PRISMA-ScR, com publicações entre 2010 e 2025. Os métodos envolveram a definição de protocolo PCC, critérios de elegibilidade, triagem sistemática e análise temática de conteúdo. Os resultados indicam que a IA é aplicada principalmente em modelagem preditiva, análise de patentes, governança digital, interoperabilidade de sistemas e ferramentas de *matchmaking*, contribuindo para reduzir barreiras à transferência tecnológica. O artigo contribui para o campo da Ciência, Tecnologia e Sociedade ao sistematizar evidências sobre o papel estratégico da IA na promoção da inovação sustentável e no fortalecimento dos ecossistemas de inovação.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial. Transferência de Tecnologia. Sustentabilidade.

Maria Cristina Ferreira Silva Pires
Universidade Federal de Sergipe,
São Cristóvão, Sergipe, Brasil
maria_cfspires@academico.ufs.br

Ana Karla de Souza Abud
Universidade Federal de Sergipe,
São Cristóvão, Sergipe, Brasil
ana.abud@academico.ufs.br

Juliana Cristina Pereira Lima Paulino
Universidade Federal de Alagoas,
Penedo, Alagoas, Brasil
juliana.paulino@penedo.ufal.br

Antônio Carlos Santos Pires
Faculdade FIA de Administração e
Negócios, São Paulo, São Paulo,
Brasil
carlospires4000@gmail.com

INTRODUÇÃO

No contexto contemporâneo, as discussões sobre sustentabilidade passaram a ocupar posição central nas agendas científica, política e institucional, sobretudo a partir da consolidação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015. Estruturados em 17 objetivos e 169 metas, os ODS propõem uma agenda global orientada à promoção integrada do desenvolvimento econômico, da inclusão social e da proteção ambiental, reconhecendo explicitamente o papel estratégico da ciência, tecnologia e inovação (CT&I) no enfrentamento de desafios complexos e interdependentes, como as mudanças climáticas, as desigualdades sociais e a degradação ambiental (ONU, 2015; Sachs et al., 2019). Nesse sentido, a Agenda 2030 desloca o debate do crescimento econômico isolado para uma perspectiva orientada por impactos socioambientais e valor público.

Sob essa ótica, os ODS ampliam a compreensão tradicional do desenvolvimento ao enfatizar que o progresso científico e tecnológico deve ser avaliado não apenas por critérios de eficiência econômica, mas também por sua capacidade de produzir benefícios sociais amplos e duradouros. A literatura da área de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) destaca que a inovação é um processo socialmente situado, atravessado por disputas, assimetrias e escolhas políticas, o que demanda novos paradigmas de formulação e implementação das políticas de CT&I (Marques, 2025; Costa, 2025). Dessa forma, a efetividade das inovações orientadas à sustentabilidade depende de arranjos institucionais e mecanismos de transferência de tecnologia capazes de promover a apropriação social do conhecimento científico.

Os termos sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável (DS) vêm recebendo crescente atenção na literatura acadêmica e nas políticas públicas, por estarem associados a estratégias voltadas à produção mais limpa, à ecoeficiência, ao uso racional dos recursos naturais e à responsabilidade social. Tais estratégias buscam responder às limitações dos modelos tradicionais de desenvolvimento, historicamente orientados pelo crescimento econômico dissociado de seus impactos socioambientais (Sartori et al., 2014; Melo et al., 2016). Nessa perspectiva, o DS é compreendido como o caminho para se alcançar a sustentabilidade, entendida como um objetivo de longo prazo que exige transformações estruturais nos sistemas produtivos, institucionais e tecnológicos (Vilaça, 2016).

A partir de uma abordagem CTS, a sustentabilidade e os ODS podem ser compreendidos como processos sociotécnicos, nos quais ciência, tecnologia, instituições e sociedade interagem de forma dinâmica. Estudos recentes enfatizam que tecnologias digitais, especialmente aquelas baseadas em dados e plataformas, incorporam valores, racionalidades e assimetrias de poder, influenciando a circulação do conhecimento e a reorganização das relações entre universidade, mercado e Estado (Cesarino, 2025). Nesse contexto, a transferência de tecnologias sustentáveis assume papel central para a concretização da Agenda 2030, ao

permitir que inovações desenvolvidas em ambientes acadêmicos sejam efetivamente apropriadas por diferentes atores sociais e produtivos.

A transferência de tecnologia (TT) pode, portanto, ser entendida como um processo sociotécnico complexo que ultrapassa a mera formalização de contratos de propriedade intelectual, e envolve a circulação de conhecimento tácito, capacidades organizacionais e práticas institucionais. Conforme destaca Rauen (2016), a TT abrange todo o ciclo de vida da inovação, desde a ideia inicial até sua introdução no mercado. Sob a lente CTS, esse processo é atravessado por desigualdades estruturais, especialmente em contextos periféricos, o que reforça a importância de políticas públicas e instrumentos institucionais orientados à redução dessas assimetrias (Almeida, 2025).

Nesse cenário, a Inteligência Artificial (IA) emerge como uma tecnologia central nos processos contemporâneos de inovação, e, simultaneamente, como objeto de análise crítica no campo CTS. Estudos recentes apontam que a IA deve ser compreendida não apenas como um conjunto de algoritmos, mas como uma infraestrutura sociotécnica que reorganiza práticas científicas, relações institucionais e formas de governança do conhecimento (Almeida, 2025). No âmbito deste estudo, a IA é compreendida como um instrumento facilitador da transferência de tecnologias sustentáveis, ao reduzir assimetrias de informação, apoiar a análise de grandes volumes de dados, otimizar a prospecção tecnológica e ampliar a conexão entre produção científica e demandas de mercado.

A literatura aplicada também evidencia que a difusão da IA em contextos institucionais exige atenção à governança, à transparência algorítmica e à proteção de direitos fundamentais. Nesse sentido, a adoção de sistemas de IA em ambientes organizacionais e públicos deve ser acompanhada de mecanismos de controle, *accountability* e capacitação institucional, de modo a evitar vieses, exclusões e assimetrias informacionais (Rossetti & Silva, 2024; Secundo, 2023).

Relatórios recentes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) reforçam essa perspectiva ao indicar que a transição de uma abordagem centrada exclusivamente na ética da IA para modelos mais robustos de governança algorítmica é condição essencial para garantir que essas tecnologias contribuam efetivamente para objetivos sociais e ambientais, incluindo os ODS (OCDE, 2023; OCDE, 2024). Assim, a adoção da IA como facilitadora da transferência de tecnologias sustentáveis depende não apenas de avanços técnicos, mas também de marcos regulatórios, competências digitais e arranjos institucionais adequados.

Considerando a diversidade de abordagens, setores de aplicação e níveis de maturidade das soluções baseadas em Inteligência Artificial aplicadas à transferência de tecnologias sustentáveis, observa-se que este é um campo ainda fragmentado, emergente e interdisciplinar. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo analisar como a Inteligência Artificial (IA) vem sendo utilizada como facilitadora do processo de transferência de tecnologias sustentáveis, permitindo, a partir de uma *Scoping Review*, o mapeamento dos estudos existentes, a identificação de lacunas de pesquisa e a sistematização dos principais eixos temáticos que caracterizam a interseção entre IA, sustentabilidade, CTS e transferência tecnológica.

Assim, o presente estudo reforça a compreensão da transferência de tecnologias sustentáveis como um instrumento essencial para a promoção de um desenvolvimento mais inclusivo, responsável e socialmente orientado, no qual a tecnologia é analisada não apenas como meio técnico, mas como elemento central na construção de respostas aos desafios contemporâneos do desenvolvimento sustentável.

METODOLOGIA

A presente *Scoping Review* se classifica como exploratória e descritiva, tendo como objetivo identificar lacunas de conhecimento sobre a Inteligência Artificial e suas contribuições ao processo de transferência de tecnologias sustentáveis, além de delimitar um conjunto da literatura sobre o tema e esclarecer conceitos (Munn *et al*, 2018). Para os autores, embora seja conduzida com finalidades diferentes das Revisões Sistemáticas de Literatura, as revisões de escopo também exigem métodos rigorosos e transparentes em sua condução para garantir a confiabilidade dos resultados.

Desta forma, o protocolo da *Scoping Review* foi elaborado com base na estratégia PCC (População, Conceito e Contexto), por se tratar de um guia amplamente utilizado para construir objetivos e definir critérios de elegibilidade claros e significativos para uma revisão de escopo (Pollock *et al*, 2023).

O protocolo da revisão teve como *String* de busca das perguntas de pesquisa os seguintes aspectos:

- População (P): Estudos sobre transferência de tecnologias sustentáveis.
- Conceito (C): Aplicações de Inteligência Artificial.
- Contexto (C): Ambientes acadêmicos, empresariais ou institucionais que visam à sustentabilidade.

A construção da *String* de pesquisa final, consistiu na seguinte forma simplificada:

("artificial intelligence" AND "technology transfer" AND ("sustainable technologies" OR "sustainable innovation"))

A delimitação temporal adotada na *Scoping Review* compreendeu o período de 2010 a 2025, considerando que, a partir de 2010, ocorreram avanços substanciais nas aplicações de inteligência artificial em contextos de inovação tecnológica e sustentabilidade, viabilizando seu uso como facilitadora do processo de transferência de tecnologias sustentáveis. O corpus bibliográfico foi constituído a partir das bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, consultadas durante o mês de junho de 2025, abrangendo todas as publicações realizadas a partir de 2010. Essa delimitação temporal estratégica permite a inclusão dos estudos mais recentes, refletindo as tendências atuais da área e assegurando consistência, relevância e robustez à análise do corpus. O Quadro 1 descreve os critérios de elegibilidade empregados neste trabalho.

Quadro 1: Critérios de Inclusão e Exclusão de estudos.

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Estudos disponíveis em texto completo.	Artigos duplicados.
Publicações científicas (artigos, revisões ou capítulos de livros).	Estudos fora do escopo da pesquisa.
Estudos que abordem a aplicação da Inteligência Artificial no processo de Transferência de Tecnologia.	Publicações que não relacionem Inteligência Artificial à Transferência de Tecnologia.
Estudos que envolvam tecnologias sustentáveis ou inovações com impacto ambiental e/ou social positivo.	Trabalhos sem acesso ao texto completo.
Publicações no período de 2010 a 2025.	

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Após a definição do protocolo de revisão, a coleta de artigos utilizou a mesma cadeia de busca padronizada para as duas bases de dados escolhidas, mantendo a relevância dos artigos encontrados, conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Cadeias de busca utilizadas nas bases de dados

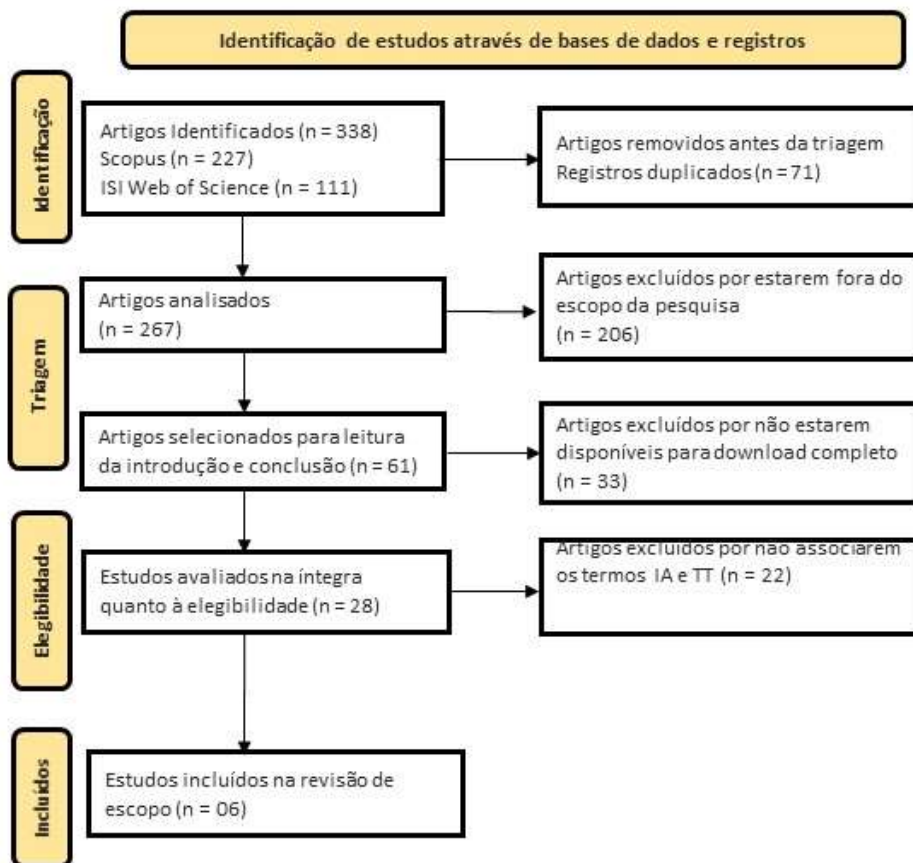
Base de Dados	Cadeia aplicada	Campos de busca
Scopus/ Web of Science	((<i>"artificial intelligence"</i> OR <i>"machine learning"</i> OR <i>"deep learning"</i>) AND (<i>"technology transfer"</i> OR <i>"technology commercialization"</i> OR <i>"innovation diffusion"</i>) AND (<i>"innovation"</i> OR <i>"sustainability"</i> OR <i>"sustainable technologies"</i> OR <i>"sustainable innovation"</i>))	Título, palavras-chave e resumo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A consulta às bases de dados eletrônicas identificou 338 registros (*Scopus n* = 227; *WOS n* = 111). As referências foram exportadas no formato BibTeX e importadas para o *Parsifal* (<https://parsif.al/>). A ferramenta permitiu organizar as referências e realizar uma identificação inicial dos estudos, onde 71 artigos duplicados foram removidos de maneira eficiente, restando 267 estudos.

Na etapa de triagem foram analisados o título, resumos e palavras-chave dos artigos, e, excluídos 206 artigos por estarem fora do escopo da revisão. Após a leitura da introdução e conclusão dos 61 artigos restantes, 33 artigos foram excluídos, pois os textos completos não estavam acessíveis para download. Após a leitura completa de 28 artigos, seguiu-se com a avaliação quanto aos critérios de elegibilidade, e foram excluídos 22 artigos pelo fato de não associarem os termos IA e TT, restando 06 artigos para a revisão de escopo, conforme ilustra a Figura 1. Os artigos finais selecionados foram analisados por dois revisores independentes, sem registro de conflitos quanto à escolha dos trabalhos.

Figura 1 - Fluxograma do processo de identificação dos estudos



Fonte: Baseado no método PRISMA para *Scoping Review* (2023).

O fluxograma PRISMA serve para relatar o processo de revisão de escopo, contendo orientações claras sobre como ocorreu a extração, análise e a apresentação dos dados, garantindo um processo transparente e rigoroso (Pollock et al, 2023).

Os 06 estudos finais foram extraídos do *Parsifal* e tiveram os dados organizados e categorizados de forma a possibilitar agrupar os elementos da pesquisa em categorias temáticas para análise qualitativa, por meio de análise de conteúdo (BARDIN, 2011). Dessa forma, os achados foram sintetizados e categorizados de acordo com: autor, ano, país, setor de aplicação, tipos de tecnologias apresentadas. Em seguida foi realizada análise temática e realizada categorização das aplicações da IA.

De maneira complementar e como forma de ampliar o escopo da pesquisa, foi realizada uma busca aprofundada nas referências utilizadas na revisão e em outros estudos previamente publicados sobre o tema, com o intuito de analisar como a Inteligência Artificial (IA) vem sendo utilizada como facilitadora do processo de transferência de tecnologias sustentáveis. Dessa forma, foram identificados outros 04 trabalhos que combinam análise bibliométrica, mineração de patentes e sistemas de recomendação inteligentes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A *Scoping Review* realizada nas bases *Scopus* e *Web Of Science* resultou em um conjunto de estudos que abordam a interseção entre tecnologias digitais, com destaque para a Inteligência Artificial e outras ferramentas associadas, e os processos de transferência de tecnologias sustentáveis. A triagem e análise dos artigos permitiram identificar seis publicações relevantes, que se distribuem em torno de três categorias principais: modelos e ferramentas de transferência tecnológica digital, tecnologias aplicadas à sustentabilidade ambiental, e relações entre inovação acadêmica e demandas de mercado.

Os principais trabalhos estão resumidos no Quadro 3, onde constam estudos que vão de 2015 a 2025, demonstrando a atualidade do tema em destaque, setores de aplicação, que vão desde setores específicos, até estudos com temas abrangentes sem distinção de setores. Também são apresentadas as principais tecnologias apresentadas, incluindo a IA.

Quadro 3. Categorização dos estudos incluídos na revisão

Item	Dados da publicação	Setor de aplicação	Tipos de tecnologias apresentadas
1	Kovaleski; Pagani; Gomes, 2024, Brasil	Indústria 4.0, com proposta e aplicação na indústria alimentícia	Internet das Coisas, automação e Inteligência Artificial
2	Man et al., 2025, Suíça	Instituições de ensino na Romênia,	Internet das Coisas, <i>Blockchain</i> e Inteligência Artificial e
3	Timma; Blumberga; Blumberga, 2015, Letônia	Engenharia ambiental	<i>Big data</i> , Inteligência Artificial
4	Marcati et al., 2016, Holanda	Previsão ambiental, difusão de inovações tecnológicas	Modelos computacionais. Inteligência Artificial
5	Schletz; Hsu; Mapes; Wainstein, 2022, Suíça	Governança digital, interoperabilidade climática	Plataformas digitais, Tecnologia de Registro Distribuído, Internet das Coisas, Aprendizado de Máquina, Inteligência Artificial
6	Jinhua; Zhang; Hu, 2024, Estados Unidos	Transferência de conhecimento, conexão academia-mercado	Ferramentas de <i>matchmaking</i> . Inteligência Artificial, análise de <i>big data</i>

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A análise apresentada no Quadro 11 evidencia que a aplicação da inteligência artificial nos estudos revisados se concentra principalmente em setores estratégicos, como agricultura de precisão, indústria, saúde, energia e gestão ambiental. Observa-se que a maior parte das iniciativas foca na agricultura e na indústria, refletindo tanto o potencial de impacto econômico quanto a relevância dessas áreas para o desenvolvimento sustentável no Brasil.

Quanto aos tipos de tecnologias de IA, os estudos destacam com maior frequência algoritmos de aprendizado de máquina e redes neurais artificiais, seguidos por sistemas de apoio à decisão, processamento de linguagem natural e análise preditiva de dados. Essas tecnologias têm sido empregadas para otimizar processos, antecipar resultados, monitorar desempenho e apoiar a tomada de decisões em contextos complexos e dinâmicos.

A partir desses achados, foi possível identificar um padrão de inovação orientado à aplicação prática da IA, com ênfase em soluções que promovem eficiência, sustentabilidade e integração entre pesquisa científica e demandas socioambientais. Ao mesmo tempo, evidencia-se a necessidade de ampliar a diversidade de setores beneficiados e de explorar tecnologias emergentes que possam fortalecer ainda mais o impacto da IA na transferência de tecnologias sustentáveis.

Modelos de Transferência Tecnológica Digital:

No estudo "*Technology transfer model oriented to industry 4.0: proposal and application in the food industry*" de Kovaleski, Pagani e Gomes (2024), propõe-se um modelo de transferência de tecnologia alinhado aos princípios da Indústria 4.0, com ênfase na digitalização de processos e na integração inteligente de sistemas, sob a perspectiva do cessionário (aquele que absorve a tecnologia). O modelo analisa as necessidades estratégicas, interesse e disponibilidade, capacidade e condições, definição de tecnologia, planejamento de ações e investimentos do cessionário, de forma a evidenciar como o uso de tecnologias digitais pode acelerar a adoção de inovações sustentáveis no setor alimentício, melhorando a rastreabilidade, a eficiência energética e a automação.

De forma complementar, o artigo "*The Role of Digital Technologies and Intellectual Property Management in Driving Sustainable Innovation*" de Man et al., (2025), destaca a importância das tecnologias digitais e da gestão estratégica da propriedade intelectual como facilitadores de inovações sustentáveis. A pesquisa se concentra na captura das percepções e experiências atuais de pesquisadores e docentes na Romênia em relação ao processo de registro de inovações para a proteção dos direitos de propriedade intelectual, concentrando-se na identificação da necessidade de criação de uma plataforma online que integre inteligência artificial para aprimorar sua funcionalidade, agilizar o processo de solicitação e fomentar a criação e a disseminação de tecnologias inovadoras. A combinação dessas ferramentas é apresentada como um catalisador para a proteção, difusão e adoção de tecnologias verdes.

Tecnologias Digitais Aplicadas à Sustentabilidade Ambiental:

O estudo "*Combined and Mixed Methods Research in Environmental Engineering: When Two is Better Than One*", de Timma, Blumberga e Blumberga, (2015), explora como metodologias híbridas e tecnologias digitais vêm sendo aplicadas para resolver problemas ambientais complexos e simular a difusão daecoinovação entre os consumidores. Os autores apresentam uma metodologia conceitual para a difusão daecoinovação que combina metodologias de pesquisa mista e combinada para melhorar a validade e a confiabilidade dos resultados. No

estudo, Redes neurais artificiais (RNA) e modelagem de dinâmica de sistemas foram aplicadas como métodos quantitativos, enquanto a pesquisa qualitativa contou com a utilização de grupos focais, visando explorar quais enquadramentos de metas podem afetar a disposição de consumidores em adotar a ecoinovação. O artigo evidencia a tendência crescente do uso de abordagens computacionais no desenvolvimento de soluções sustentáveis, o que pode favorecer sua transferência para contextos reais.

No mesmo eixo, o artigo "*Analysis of the development and diffusion of technological innovations in oil spill forecasting: The MEDESS-4MS case*" de Marcati et al. (2016), analisam o desenvolvimento e difusão de inovações tecnológicas na previsão de derramamentos de óleo, sob o ponto de vista da gestão do engajamento dos usuários na produção de uma nova tecnologia. Com base na experiência do MEDESS-4MS. De acordo com o modelo, os usuários podem desempenhar um papel duplo no processo de inovação, contribuindo tanto para o design da inovação quanto para sua promoção, agregando e integrando conhecimento, e facilitam sua difusão, adotando a inovação e fomentando sua adoção dentro do sistema socioeconômico. O uso de modelos computacionais e ferramentas de análise de dados como o MEDESS-4MS desempenha um papel crucial na previsão e mitigação de impactos ambientais, sendo exemplo de tecnologia sustentável com potencial de transferência para múltiplos contextos geográficos.

Interoperabilidade, Governança e Conhecimento Aplicado:

O artigo "*Nested Climate Accounting for Our Atmospheric Commons—Digital Technologies for Trusted Interoperability Across Fragmented Systems*" de Schletz, Hsu, Mapes e Wainstein (2022), apresenta uma arquitetura de contabilidade climática aninhada voltada à integração de diversas tecnologias digitais inovadoras, como Tecnologia de Registro Distribuído, Internet das Coisas, Aprendizado de Máquina e conceitos como contabilidade aninhada e identificadores descentralizados para aprimorar a interoperabilidade entre os sistemas contábeis. Os autores destacam que tal arquitetura pode aprimorar a capacitação e a transferência de tecnologia para o Sul Global, por meio de grupos de inovação, aumentando a escalabilidade das soluções contábeis que podem levar a um salto para designs de sistemas inovadores e aprimorando a inclusão. Embora o foco do estudo esteja em políticas ambientais, a ênfase na confiabilidade digital e na padronização de dados indica um caminho relevante para facilitar a transferência e integração de tecnologias sustentáveis em sistemas diversos.

Por fim, o estudo "*The connection between academic achievements and market demand: The role and practice of technology and innovation in knowledge transfer*" de Jinhua, Zhang e Hu (2024), analisa como os resultados acadêmicos são (ou não) convertidos em inovações tecnológicas com valor de mercado. Para isso, o artigo explora os papéis e as interações de múltiplas partes interessadas, como academia, indústria e escritórios de transferência de tecnologia, no processo de transferência de conhecimento. Os resultados evidenciam lacunas entre produção científica e adoção prática, ressaltando a necessidade de mecanismos, como inteligência artificial, *blockchain* e outras tecnologias, que promovam o *matchmaking* entre universidades e setor produtivo, de maneira a superar

barreiras, otimizar a eficiência da colaboração e acelerar os processos de comercialização de tecnologias.

Síntese Temática:

O Quadro 4 apresenta a síntese dos principais focos temáticos encontrados nos estudos analisados:

Quadro 4. Temas identificados na análise da Scoping Review

Categoria	Temas Identificados	Autores
Modelos digitais de TT	Indústria 4.0, propriedade intelectual, automação inteligente	Kovaleski; Pagani; Gomes, (2024) e Man <i>et al.</i> , (2025)
Sustentabilidade e digitalização	Monitoramento ambiental, modelagem preditiva, engenharia ambiental digital	Timma; Blumberga; Blumberga, (2015) e Marcati <i>et al.</i> , (2016)
Governança e integração	Interoperabilidade, padronização, transferência interinstitucional de tecnologias	Schletz; Hsu; Mapes; Wainstein, (2022) e Jinhua; Zhang; Hu, (2024)

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os resultados da *Scoping Review* identificaram que a Inteligência Artificial vem sendo utilizada de diversas maneiras na transferência de tecnologias sustentáveis, atuando desde a modelagem preditiva até a governança interoperável. A incorporação das tecnologias digitais emergentes como a IA evidencia a relevância de se adotar práticas inovadoras na criação de soluções produtivas mais avançadas e alinhadas às novas demandas do mercado. O uso de sistemas de IA também é apresentado como solução para combater o distanciamento e gerar conexões entre academia e mercado, visto que estes são atores com características cognitivas, culturais e organizacionais muito distintas, o que pode gerar barreiras à comunicação e, comprometer a transferência de conhecimento (Alexandre *et al.*, 2022).

Outros estudos sobre o tema apontaram que a IA tem contribuído significativamente para fortalecer a pesquisa acadêmica, introduzir inovações tecnológicas, promover a colaboração, facilitar o processo de transferência tecnológica e impulsionar a inovação, a competitividade e o desenvolvimento sustentável nas indústrias (Mohammadi, 2024).

Como exemplo, o estudo de Aristodemou e Tietze (2018) apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre o uso de inteligência artificial (IA), aprendizado de máquina (ML) e aprendizado profundo (DL) na análise de dados de propriedade intelectual, com ênfase em documentos de patentes. O estudo identificou um avanço significativo na aplicação dessas tecnologias, com destaque para a classificação automática de patentes, previsão de valor econômico, análise de similaridade, detecção de infrações e mapeamento de tendências tecnológicas.

Os resultados do estudo evidenciam que os métodos baseados em aprendizado profundo, especialmente redes neurais convolucionais e recorrentes, oferecem maior precisão e capacidade de generalização nas tarefas analisadas.

Contudo, também foram observadas limitações relacionadas à falta de transparência nos modelos, escassez de dados abertos e desafios na integração com sistemas jurídicos e organizacionais. Os autores alertam que, embora promissora, a adoção da IA na gestão da propriedade intelectual exige avanços em padronização, governança e alinhamento institucional para garantir uma aplicação ética, eficiente e estratégica.

Outro estudo, como o de Choi *et al.* (2015), propõe um modelo preditivo para apoiar a transferência de tecnologia a partir da análise de dados de patentes. A pesquisa parte do pressuposto de que as patentes contêm informações valiosas sobre tendências tecnológicas, possíveis aplicações e potenciais parceiros comerciais. O objetivo é identificar, por meio de técnicas de mineração de dados e aprendizado de máquina, quais tecnologias possuem maior probabilidade de serem transferidas para o setor produtivo.

O modelo desenvolvido no estudo considera variáveis como o número de citações da patente, a abrangência geográfica, o tipo de titular (universidade, empresa, instituto de pesquisa), área tecnológica, entre outros fatores. Com base nesses dados, algoritmos preditivos, como regressão logística e árvores de decisão, são utilizados para classificar as patentes com maior potencial de transferência. Os resultados indicam que o modelo possui boa precisão e pode ser uma ferramenta útil para núcleos de inovação tecnológica (NITs), gestores de propriedade intelectual e formuladores de políticas públicas, contribuindo para uma gestão mais estratégica do portfólio tecnológico e para o aumento da efetividade na transferência de conhecimento para o mercado.

Além dos resultados já apontados, destaca-se que diversas iniciativas têm investido em soluções baseadas em IA para acelerar a classificação e difusão de invenções com foco na transferência de soluções sustentáveis. Por exemplo, o estudo de Trappey *et al.* (2006), apresenta o desenvolvimento de uma plataforma computacional voltada para a classificação e busca de documentos de patentes, utilizando redes neurais artificiais com algoritmo de retropropagação (*backpropagation*). O objetivo é facilitar o acesso e a organização das informações técnicas contidas em patentes, superando limitações dos sistemas tradicionais de busca textual.

A proposta da plataforma se baseia na aplicação de técnicas de aprendizado supervisionado, treinando uma rede neural para reconhecer padrões linguísticos e temáticos em textos de patentes e, com isso, classificá-los automaticamente em áreas tecnológicas específicas. A plataforma também permite a busca inteligente por palavras-chave, combinando semelhança semântica e categorização automática. Os testes realizados com conjuntos reais de documentos demonstraram bons resultados quanto à precisão e eficiência da classificação, mostrando que o uso de redes neurais pode melhorar significativamente o processo de prospecção tecnológica, especialmente em contextos como inovação aberta, gestão de propriedade intelectual e transferência de tecnologia.

Tais iniciativas combinam análise bibliométrica, mineração de patentes e sistemas de recomendação inteligentes para auxiliar NITs na priorização de tecnologias com alto potencial de mercado, demonstrando a relevância da adoção

de IA para o sucesso da transferência de inovações sustentáveis. No entanto, sua eficácia ainda esbarra em carências de habilidades digitais no setor e de governança inadequada de Propriedade Intelectual. Relatos de iniciativas como da IBM e PwC mostram que o setor de sustentabilidade carece de competências digitais (skills gap), com cerca de 68% dos executivos relatando lacunas significativas de habilidades em IA, fator crítico para a adoção eficaz de IA no setor de sustentabilidade (Reuters, 2024).

Embora promissora, o fato do desenvolvimento da IA ser majoritariamente liderado por empresas privadas, traz consigo desafios que afetam a ciência aberta, a replicabilidade, a equidade e a confiabilidade da inovação científica que ela impulsiona, desestimulando a adoção de práticas de ciência aberta, como a divulgação dos algoritmos e dos dados de treinamento utilizados (Unesco, 2024). Essa falta de transparência reforça a necessidade de ferramentas eficazes para avaliar o impacto da IA, o que representa mais um obstáculo a ser superado para viabilizar uma transferência estratégica e eficiente de tecnologias sustentáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados desta *Scoping Review* evidenciam que a Inteligência Artificial vem se consolidando como um elemento estratégico no aprimoramento dos processos de transferência de tecnologias sustentáveis, atuando de forma transversal ao longo de todo o ciclo de inovação — desde a prospecção tecnológica e análise de propriedade intelectual até a governança, a comercialização e a difusão de soluções sustentáveis.

A literatura analisada demonstra que a IA não se limita a uma função instrumental, mas assume um papel estruturante na reorganização dos ecossistemas de inovação, ao reduzir assimetrias de informação, ampliar a capacidade analítica dos atores envolvidos e favorecer decisões mais assertivas e orientadas por dados.

Os resultados indicam que as aplicações de IA na transferência de tecnologias sustentáveis concentram-se, sobretudo, em quatro eixos principais: (i) apoio à inovação e ao monitoramento ambiental, por meio de modelagem preditiva, análise de dados complexos e otimização de cadeias produtivas sustentáveis; (ii) fortalecimento da interoperabilidade e da confiança digital, viabilizando a integração de soluções tecnológicas em sistemas heterogêneos e multissetoriais; (iii) mitigação da lacuna entre produção científica e aplicação industrial, a partir do uso de plataformas inteligentes de *matchmaking*, análise de patentes e métricas de impacto alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável; e (iv) aprimoramento da governança da propriedade intelectual e dos processos decisórios associados à transferência tecnológica.

Nesse sentido, a IA emerge como um vetor capaz de potencializar a efetividade da transferência de tecnologias sustentáveis, ao conectar de forma mais eficiente universidades, centros de pesquisa, Núcleos de Inovação Tecnológica, empresas e formuladores de políticas públicas. Todavia, a literatura também aponta que o êxito dessas aplicações depende fortemente da existência de estruturas institucionais adequadas, de uma governança algorítmica

transparente e do alinhamento entre capacidades tecnológicas, organizacionais e humanas.

Apesar do avanço observado, persistem desafios relevantes. Destacam-se, entre eles, as lacunas em competências digitais dos profissionais envolvidos nos processos de transferência de tecnologia, fragilidades na governança da propriedade intelectual, limitações relacionadas à transparência e à auditabilidade dos algoritmos e a ausência de metodologias consolidadas para avaliação sistemática dos impactos socioambientais das tecnologias transferidas. Esses fatores podem comprometer não apenas a adoção da IA, mas também sua legitimidade enquanto ferramenta de promoção da sustentabilidade e da inovação responsável.

Como limitação desta *Scoping Review*, ressalta-se a escassez de estudos empíricos, especialmente no contexto brasileiro, que investiguem de forma aplicada o uso da Inteligência Artificial na transferência de tecnologias sustentáveis. Tal lacuna evidencia a necessidade de pesquisas futuras que priorizem estudos de caso, levantamentos institucionais e análises comparativas em universidades, centros de pesquisa e empresas, de modo a gerar evidências contextualizadas que subsidiem políticas públicas e estratégias institucionais mais eficazes.

Diante desse cenário, reforça-se a importância da formulação de políticas públicas voltadas à capacitação digital, ao fortalecimento dos Núcleos de Inovação Tecnológica e à criação de ambientes regulatórios que incentivem o uso ético, transparente e responsável da IA. Além disso, torna-se fundamental promover iniciativas alinhadas aos princípios da ciência aberta, assegurando maior acesso a dados, metodologias e ferramentas, sem comprometer a proteção da propriedade intelectual e a segurança das informações estratégicas.

Por fim, recomenda-se que pesquisas futuras aprofundem: (i) a utilização da IA para o mapeamento de redes de colaboração e fluxos de conhecimento; (ii) o desenvolvimento de modelos integrados de transferência tecnológica que articulem inteligência artificial, gestão algorítmica e propriedade intelectual; (iii) programas estruturados de capacitação para profissionais dos NITs no uso de ferramentas baseadas em IA para apoio à decisão; e (iv) a avaliação sistemática dos impactos socioambientais das tecnologias transferidas.

Em síntese, os resultados indicam que a Inteligência Artificial possui elevado potencial para atuar como facilitadora da transferência de tecnologias sustentáveis, desde que sua adoção seja acompanhada por uma governança eficaz, por investimentos contínuos em capacitação e por estratégias que fortaleçam a articulação entre academia, setor produtivo e sociedade, contribuindo de forma consistente para o desenvolvimento sustentável e para a consolidação de ecossistemas de inovação mais inclusivos e resilientes.

Artificial intelligence as a facilitator of sustainable technology transfer processes: a scoping review.

ABSTRACT

This study aims to analyze how Artificial Intelligence (AI) is being used to facilitate the process of transferring sustainable technologies. The research adopts a qualitative approach, through a Scoping Review conducted in the Scopus and Web of Science databases, following the PRISMA-ScR guidelines, with publications between 2010 and 2025. The methods involved defining a PCC protocol, eligibility criteria, systematic screening, and thematic content analysis. The results indicate that AI is mainly applied in predictive modeling, patent analysis, digital governance, systems interoperability, and matchmaking tools, contributing to reducing barriers to technology transfer. The article contributes to the field of Science, Technology and Society by systematizing evidence on the strategic role of AI in promoting sustainable innovation and strengthening innovation ecosystems.

KEYWORDS: Artificial Intelligence. Technology Transfer. Sustainability.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, F.; COSTA, H.; FARIA, A. P.; PORTELA, M. Enhancing University–Industry collaboration: the role of intermediary organizations. **The Journal of Technology Transfer**, v. 47, n. 5, p. 1584–1611, 2022.

ALMEIDA, A. Inteligência artificial, imperialismo e esperanças contra-hegemônicas. **Revista Brasileira de Estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade**, v. 1, n. 1, 2025. Disponível em: <https://revistabrasileiradeestudoscts.com/revista/article/view/13>. Acesso em: 13 dez. 2025.

ARISTODEMOU, L.; TIETZE, F. O estado da arte em análise de propriedade intelectual (IPA): Uma revisão de literatura sobre inteligência artificial, aprendizado de máquina e métodos de aprendizado profundo para análise de dados de propriedade intelectual (PI). **World Patent Information**, v. 55, p. 37–51, 2018.

CESARINO, Letícia. Plataformização, temporalidades sociotécnicas e circulação do conhecimento. **Revista Brasileira de Estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade**, v. 1, n. 1, 2025. Disponível em: <https://revistabrasileiradeestudoscts.com/>. Acesso em: 17 dez. 2025.

CHOI, J.; JANG, D.; JUN, S.; PARK, S. A predictive model of technology transfer using patent analysis. **Sustainability**, v. 7, n. 12, p. 16175–16195, 2015.

JINHUA, R. U. A. N.; ZHANG, W.; HU, Z. The connection between academic achievements and market demand: The role and practice of technology and innovation in knowledge transfer. **Edelweiss Applied Science and Technology**, v. 8, n. 6, p. 6165–6175, 2024.

KOVALESKI, J. L.; PAGANI, R. N.; GOMES, M. A. S. Technology transfer model oriented to industry 4.0: Proposal and application in the food industry. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 21, n. 2, p. 1777–1777, 2024.

MAN, G. M.; ZAMFIR, D.; DIACONESCU, D.; RADU, A. V.; ALDEA, F.; IONESCU, G. The role of digital technologies and intellectual property management in driving sustainable innovation. **Sustainability**, v. 17, n. 7, p. 3135, 2025.

MARCATI, A.; PRETE, M. I.; MILETI, A.; CORTESE, M.; ZODIATIS, G.; KARAOLIA, A.;...; DRAGO, A. Analysis of the development and diffusion of technological innovations in oil spill forecasting: The MEDESS-4MS case. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 133, p. 186–195, 2016.

MELO, M. N. T.; FRANCO-DE-SÁ, R. M. P.; MELO-FILHO, D. A. Sustainability of an innovative school food program: A case study in the northeast of Brazil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, n. 6, p. 1899–1908, 2016.

MOHAMMADI, A. Industry-university partnership governance based on new technologies emergence. **Sustainable Social Development**, v. 2, n. 6, p. 3007, 2024.

MUNN, Z.; PETERS, M. D. J.; STERN, C.; TUFANARU, C.; MCARTHUR, A.; AROMATARIS, E. Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. **BMC Medical Research Methodology**, v. 18, p. 1–7, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0611-x>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova York: ONU, 2015.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Artificial intelligence governance and policy frameworks**. Paris: OECD Publishing, 2023. Disponível em: <https://www.oecd.org/ai/>. Acesso em: 15 dez. 2025.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **AI diffusion, governance and public value**. Paris: OECD Publishing, 2024. Disponível em: <https://www.oecd.org/ai/>. Acesso em: 15 dez. 2025.

POLLOCK, D.; PETERS, M. D. J.; KHALIL, H.; MCINERNEY, P.; ALEXANDER, L.; TRICCO, A. C.; ... MUNN, Z. Recommendations for the extraction, analysis, and presentation of results in scoping reviews. **JBI Evidence Synthesis**, v. 21, n. 3, p. 520–532, 2023.

RAUEN, C. V. **O novo marco legal da inovação no Brasil: O que muda na relação ICT-empresa?** 2016. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6051/1/Radar_n43_novo.pdf. Acesso em: 20 maio 2025.

ROSSETTI, R.; SILVA, C. V. de M. e. Direitos fundamentais no uso de inteligência artificial no Poder Judiciário brasileiro. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 20, n. 57, 2024. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rt/article/view/16406>. Acesso em: 17 dez. 2025.

SACHS, J. D.; SCHMIDT-TRAUB, G.; MAZZUCATO, M.; MESSNER, D.; NAKICENOVIC, N.; ROCKSTRÖM, J. Six transformations to achieve the Sustainable Development Goals. **Nature Sustainability**, v. 2, p. 805–814, 2019.

SARTORI, S.; LATRÔNICO, F.; CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: Uma taxonomia no campo da literatura. **Ambiente & Sociedade**, v. 1, p. 1–22, 2014.

SECUNDO, A. Computação cognitiva nas organizações: uma análise das ferramentas tecnológicas para apoiar a gestão do conhecimento. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 19, n. 53, 2023. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rt/article/view/15380>. Acesso em: 12 dez. 2025.

SCHLETZ, M.; HSU, A.; MAPES, B.; WAINSTEIN, M. Nested climate accounting for our atmospheric commons—Digital technologies for trusted interoperability across fragmented systems. **Frontiers in Blockchain**, v. 4, 789953, 2022.

TIMMA, L.; BLUMBERGA, A.; BLUMBERGA, D. Combined and mixed methods research in environmental engineering: When two is better than one. **Energy Procedia**, v. 72, p. 300–306, 2015.

TRAPPEY, A. J.; HSU, F. C.; TRAPPEY, C. V.; LIN, C. I. Development of a patent document classification and search platform using a back-propagation network. **Expert Systems with Applications**, v. 31, n. 4, p. 755–765, 2006.

UNESCO. **Making AI more open could accelerate research and tech transfer**. 2024. Disponível em: <https://www.unesco.org/en/articles/making-ai-more-open-could-accelerate-research-and-tech-transfer>. Acesso em: 20 maio 2025.

VILAÇA, T. Dinâmicas das relações entre a educação para a saúde, educação ambiental e educação para a sustentabilidade nas escolas promotoras de saúde. In: CASTRO-LEÃO, A. M.; MUZZERTI, L. R. (Orgs.). **Abordagem panorâmica educacional: Da educação infantil ao ensino superior**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016.

Recebido: 25/06/2025
Aprovado: 05/02/2026
DOI: 10.3895/rts.v22n69.20445

Como citar:

PIRES, Maria Cristina Ferreira Silva; ABUD, Ana Karla de Souza; PAULINO, Juliana Cristina Pereira Lima; PIRES, Antônio Carlos Santos. A inteligência artificial como facilitadora do processo de transferências de tecnologias sustentáveis: uma *scoping review*. **Rev. Technol. Soc.**, Curitiba, v. 22, n. 69, p.271-287, abr./jun., 2026. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/20445>

Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

