

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM PROJETOS SOCIAIS SUSTENTÁVEIS-UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SUSTAINABLE SOCIAL PROJECTS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

VIVIANE LEME

UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

ISABEL CRISTINA SCAFUTO

UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

Comunicação:

O XIII SINGEP foi realizado em conjunto com a 13th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

Agradecimento à órgão de fomento:

Fundo de Apoio à Pesquisa - FAP/UNINOVE

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM PROJETOS SOCIAIS SUSTENTÁVEIS-UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Objetivo do estudo

Investigar, por meio de revisão sistemática da literatura, como a inteligência artificial tem sido aplicada em projetos sociais, identificando abordagens e impactos que contribuam para reduzir desigualdades, fortalecer comunidades vulneráveis e promover sociedades mais justas e sustentáveis.

Relevância/originalidade

O artigo tenta preencher uma lacuna sobre o uso da IA em projetos sociais sustentáveis, mapeando tendências e propondo avaliação holística que integra dimensões sociais, econômicas e ambientais, contribuindo para práticas éticas e alinhadas aos ODS.

Metodologia/abordagem

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura com dados da base Scopus (2020–2025), filtrando artigos em inglês e português. Utilizou-se o mapeamento de palavras-chave no VOSviewer para identificar padrões, tendências e quatro clusters temáticos sobre IA em projetos sociais

Principais resultados

A análise identificou quatro clusters temáticos: Tecnologias aplicadas à sustentabilidade; Inovação centrada no ser humano; Tomada de decisão com impacto socioeconômico e Integração da IA com tecnologias emergentes Evidenciando que IA tem potencial transformador, porém com desafios éticos e ausência de indicadores.

Contribuições teóricas/metodológicas

O estudo sistematiza a aplicação da IA em projetos sociais sustentáveis, identificando quatro clusters temáticos e lacunas de pesquisa. Metodologicamente, combina revisão sistemática, análise bibliométrica e mapeamento no VOSviewer, oferecendo um framework integrador para futuras investigações interdisciplinares.

Contribuições sociais/para a gestão

O estudo contribui socialmente ao evidenciar como a IA pode reduzir desigualdades, fortalecer comunidades vulneráveis e apoiar políticas públicas eficazes, propondo abordagens éticas, inclusivas e sustentáveis que gerem valor multidimensional e de longo prazo em contextos sociais diversos e complexos.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Projetos Sociais, Desenvolvimento Sustentável, Retorno sobre o Investimento (ROI), Revisão Sistemática da Literatura

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SUSTAINABLE SOCIAL PROJECTS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Study purpose

To investigate, through a systematic literature review, how artificial intelligence has been applied in social projects, identifying approaches and impacts that contribute to reducing inequalities, strengthening vulnerable communities, and promoting more just and sustainable societies.

Relevance / originality

The article seeks to fill a gap regarding the use of AI in sustainable social projects, mapping trends and proposing a holistic assessment that integrates social, economic, and environmental dimensions, contributing to ethical practices aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs).

Methodology / approach

A systematic literature review was conducted using data from the Scopus database (2020–2025), filtering articles in English and Portuguese. Keyword mapping in VOSviewer was used to identify patterns, trends, and four thematic clusters on AI in social projects.

Main results

The analysis identified four thematic clusters: Technologies Applied to Sustainability; Human-Centered Innovation; Decision-Making with Socioeconomic Impact; and AI Integration with Emerging Technologies, highlighting that AI has transformative potential but faces ethical challenges and a lack of consolidated indicators.

Theoretical / methodological contributions

The study systematizes the application of AI in sustainable social projects, identifying four thematic clusters and research gaps. Methodologically, it combines a systematic review, bibliometric analysis, and VOSviewer mapping, offering an integrative framework for future interdisciplinary investigations.

Social / management contributions

The study contributes socially by demonstrating how AI can reduce inequalities, strengthen vulnerable communities, and support effective public policies, proposing ethical, inclusive, and sustainable approaches that generate multidimensional and long-term value in diverse and complex social contexts.

Keywords: Artificial Intelligence, Social Projects, Sustainable Development, Return on Investment (ROI), Systematic Literature Review

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM PROJETOS SOCIAIS SUSTENTÁVEIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

1. Introdução

O avanço das tecnologias de inteligência artificial (IA) tem provocado transformações profundas em diversas esferas sociais, econômicas e ambientais. Inicialmente voltadas para aplicações industriais, comerciais e militares, as ferramentas de IA vêm expandindo seu alcance para contextos sociais, educacionais e de saúde, com potencial para reduzir desigualdades e promover a inclusão (Brynjolfsson & McAfee, 2014). Apesar dessa expansão, ainda existem lacunas significativas na compreensão sistemática de como essas tecnologias têm sido efetivamente aplicadas em projetos sociais ao redor do mundo.

A literatura sobre inovação tecnológica tem frequentemente priorizado os impactos econômicos da IA, como os ganhos de produtividade e a otimização de processos (Cockburn et al., 2018). No entanto, autores como Calvo et al. (2020) alertam para a necessidade urgente de uma perspectiva ética e humanizada da IA, com foco em benefícios sociais tangíveis, especialmente em comunidades marginalizadas. Essa preocupação tem estimulado debates sobre o papel da IA na promoção do bem comum, o que exige abordagens interdisciplinares sensíveis às vulnerabilidades locais.

A compreensão da sustentabilidade como um conceito multidimensional foi inicialmente proposta por Elkington (1998) no modelo Triple Bottom Line. Esse modelo sugere a integração das dimensões econômica, social e ambiental como pilares para avaliar o desempenho de projetos sustentáveis, servindo como base conceitual para analisar o impacto social da inteligência artificial.

A relevância desse tema é acentuada pela Agenda 2030 e pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela United Nations (2015), que visam erradicar a pobreza e reduzir as desigualdades por meio da promoção de sociedades mais inclusivas. Autores como Sirmacek & Vinuesa (2022) acreditam que o acesso a dados processados por IA pode capacitar comunidades em regiões remotas a planejar melhor seus recursos e proteger meios de subsistência, os autores ainda alertam que, se não houver políticas de inclusão, governança ética e acesso equitativo à tecnologia, a IA pode reforçar desigualdades socioeconômicas e digitais, ao invés de reduzi-las.

George et al. (2016) argumentam que a IA pode atuar como catalisadora de projetos voltados à transformação social, desde que incorporada a modelos de gestão colaborativa centrados nas reais necessidades das comunidades. Apesar dessas perspectivas promissoras, a produção acadêmica que sintetiza sistematicamente as experiências de aplicação da IA em projetos sociais ainda é incipiente.

A ausência de uma revisão crítica consolidada sobre o tema dificulta tanto a identificação de boas práticas quanto o reconhecimento de limitações e riscos associados. Assim, uma revisão sistemática da literatura pode contribuir significativamente para mapear o estado da arte, evidenciar lacunas e propor caminhos para pesquisas futuras e para a adoção prática de soluções inteligentes em prol de um desenvolvimento mais sustentável e equitativo.

Nesse contexto, este artigo tem como objetivo investigar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, como a inteligência artificial tem sido aplicada em projetos sociais no cenário internacional. Busca-se identificar as experiências, abordagens e impactos dessas iniciativas, considerando sua contribuição para a redução das desigualdades sociais, o fortalecimento de comunidades vulneráveis e a promoção de sociedades mais justas e sustentáveis. Espera-se, com isso, oferecer subsídios teóricos e práticos para o avanço de

práticas sociais orientadas por tecnologias inteligentes, em consonância com os princípios da Agenda 2030.

2. Referencial Teórico

A integração entre tecnologia e sustentabilidade tem ganhado destaque significativo nas pesquisas contemporâneas, especialmente diante da emergência climática e das mudanças no comportamento corporativo em direção a práticas mais responsáveis. A literatura internacional demonstra uma tendência crescente de investigações que conectam ferramentas digitais, inovação social e estratégias de valor compartilhado, desafiando a compreensão tradicional de retorno sobre investimento (ROI). Conforme destacado por Bibri et al. (2024), o surgimento de tecnologias como a “Inteligência Artificial das Coisas” amplia a capacidade de monitorar e analisar indicadores em tempo real, contribuindo para modelos de gestão mais inteligentes e integrados aos objetivos da sustentabilidade.

Nesse contexto, a abordagem Triple Bottom Line proposta por Elkington (1998) oferece um modelo para avaliar o impacto de tecnologias sustentáveis. Ao considerar as dimensões econômica, social e ambiental, essa perspectiva sustenta a criação de valor, elemento essencial para compreender como a inteligência artificial pode contribuir para a transformação social dentro de estratégias de desenvolvimento sustentável.

2.1 Inteligência Artificial e Sustentabilidade

A inteligência artificial (IA) tem se mostrado uma aliada estratégica no avanço de projetos sustentáveis, não apenas por sua capacidade de análise e automação, mas também por possibilitar o desenvolvimento de sistemas adaptativos e orientados por dados. Petcu et al. (2024) afirma que a IA, quando incorporada a sistemas de gestão sustentável, promove eficiência operacional e contribui para a mitigação de riscos ambientais. Essa abordagem permite que organizações adotem medidas preventivas mais precisas, baseadas em previsões de cenários e padrões históricos, aumentando sua resiliência frente às mudanças climáticas e à escassez de recursos.

Nesse sentido, Sánchez-García et al. (2024) destacam o papel das redes neurais e do aprendizado de máquina na revolução dos modelos de economia circular. Essas tecnologias possibilitam decisões orientadas por dados e apoiam a reestruturação de cadeias produtivas com foco na reutilização, reciclagem e eficiência energética. Isso não apenas melhora o desempenho ambiental, como também cria novas oportunidades para modelos de negócios sustentáveis e regenerativos.

O conceito de “IA sustentável”, introduzido por Tabbakh et al. (2024), reforça que, além da eficiência computacional, é necessário considerar os impactos sociais e ambientais da tecnologia. Os autores propõem diretrizes éticas, transparência algorítmica e compromisso com o bem-estar coletivo. Esses elementos são essenciais para garantir que as soluções tecnológicas não aprofundem desigualdades nem comprometam os limites ecológicos, mas que contribuam para uma transformação justa.

Adicionalmente, Silvius et al. (2017) ampliam a visão tradicional de sustentabilidade ao argumentar que os projetos devem integrar aspectos éticos, sociais e ambientais desde sua concepção. Os autores enfatizam que a sustentabilidade não pode ser um fator secundário, mas sim um princípio norteador em todas as fases dos projetos. Ao adotar essa perspectiva, as iniciativas baseadas em IA podem ser desenhadas para maximizar o valor social e ambiental, ampliando seu impacto transformador em contextos vulneráveis e de baixa equidade.

2.2 Inovação e Perspectiva Humana na IA Sustentável

A inovação tecnológica, especialmente no campo da inteligência artificial, deve ser constantemente reavaliada a partir de uma perspectiva centrada no ser humano. Em projetos voltados à sustentabilidade, essa reavaliação torna-se ainda mais relevante, dadas as implicações éticas, culturais e sociais envolvidas. Tabbakh et al. (2024) argumentam que uma IA verdadeiramente sustentável deve ser construída sobre valores humanos, promovendo inclusão, diversidade e mitigando os vieses algorítmicos que historicamente reforçam desigualdades.

Abulibdeh (2024) destaca a importância de princípios éticos e de governança no desenvolvimento de algoritmos, especialmente em contextos sensíveis ou ao trabalhar com populações vulneráveis. O autor ressalta que transparência, responsabilidade e respeito aos direitos civis são condições mínimas para que a inovação em IA seja considerada responsável. Na ausência desses princípios, a tecnologia corre o risco de perpetuar — ou até intensificar — desigualdades sociais existentes.

Nesse sentido, George et al. (2016) propõem a incorporação de modelos colaborativos de governança tecnológica, nos quais usuários e comunidades participem ativamente da definição dos objetivos e métricas de sucesso dos projetos de IA. Essa abordagem participativa está alinhada ao conceito de “tecnologia para o bem social”, fortalecendo o papel das comunidades como cocriadoras de soluções, em vez de meras receptoras passivas. Isso reforça a ideia de que a inovação sustentável deve ser construída com base no diálogo, na diversidade cultural e no reconhecimento dos saberes locais.

Portanto, pensar a IA a partir de uma perspectiva humana e sustentável também exige o fortalecimento de políticas públicas, práticas corporativas e modelos educacionais que promovam o uso crítico e ético da tecnologia. Essa construção coletiva envolve não apenas engenheiros e cientistas, mas também sociólogos, educadores, gestores públicos e, sobretudo, os próprios cidadãos. Ao integrar essas perspectivas diversas, torna-se possível fomentar inovações que respeitem os direitos humanos e gerem valor compartilhado.

2.3 Medindo o ROI em Projetos de IA

A avaliação do retorno sobre investimento (ROI) em projetos baseados em IA evoluiu para além de indicadores puramente financeiros. Trota et al. (2024) introduzem a ideia de indicadores compostos que incluem impactos financeiros, sociais e ambientais, contribuindo para o desenvolvimento de estruturas de valor compartilhado. Essa visão ampliada redefine o ROI tradicional ao reconhecer que, em projetos sustentáveis, benefícios tangíveis e intangíveis são igualmente importantes.

Patrício et al. (2025) avançam essa discussão ao propor modelos analíticos que integram dimensões econômicas, reputacionais e socioambientais, utilizando painéis inteligentes e monitoramento em tempo real. Com o apoio da IA, torna-se viável prever impactos, ajustar estratégias de forma proativa e fornecer dados concretos sobre os resultados das iniciativas. Isso contribui não apenas para a transparência, mas também para a legitimidade dos projetos aos olhos das partes interessadas.

No entanto, como apontam Calvo et al. (2020), a definição de valor em projetos de IA deve ir além da eficiência operacional. Variáveis como inclusão digital, empoderamento comunitário e capacitação devem ser consideradas, mesmo que muitas vezes não sejam capturadas por métricas tradicionais. Ignorar essas dimensões pode levar à subestimação de projetos que são socialmente transformadores, mas que podem gerar retornos financeiros indiretos ou de longo prazo.

Por fim, conforme destacado por Sirmacek & Vinuesa (2022), os resultados em iniciativas de IA alinhadas aos ODS requer não apenas indicadores inovadores, mas também uma mudança de paradigma. Eles alertam que, para realmente gerar valor social, a IA precisa ser acompanhada de governança inclusiva, acesso equitativo à tecnologia e mitigação de vieses algorítmicos, evitando que seu uso acentue desigualdades existentes.

2.4 Indústria 4.0 e 5.0: Transformações Tecnológicas e Sustentabilidade

A Indústria 4.0 é caracterizada pela adoção de tecnologias avançadas, como inteligência artificial, robótica colaborativa, big data e Internet das Coisas (IoT), todas voltadas para promover a automação e a eficiência operacional. Gavrus et al. (2024) argumenta que essas inovações, quando bem implementadas, contribuem para práticas industriais mais sustentáveis, incluindo a redução de resíduos, o uso racional de recursos naturais e maior transparência nos processos produtivos. Esse movimento estabelece a base técnica para um paradigma de produção orientado por dados.

Por outro lado, a Indústria 5.0 surge como uma resposta crítica às limitações da automação impessoal e da eficiência técnica, priorizando a dimensão humana na produção. Santhi & Muthuswamy (2023) defendem que essa nova fase busca equilibrar tecnologia e empatia, fomentando a personalização em massa, a inclusão e a integração de valores sociais. A convergência entre a inteligência das máquinas e a criatividade humana redefine os objetivos da transformação digital, colocando o bem-estar coletivo no centro da inovação.

Nesse processo de transição, autores como Kunkel et al. (2024) e Hughes et al. (2020) enfatizam a conexão entre as tecnologias 4.0 e os princípios ESG, propondo cadeias de suprimentos colaborativas, conscientes e resilientes. As soluções de IA, nesse contexto, não têm apenas o objetivo de aumentar a produtividade, mas também de garantir que o crescimento econômico esteja alinhado à preservação ambiental e à equidade social.

Sátyro et al. (2022), em análise da implementação da Indústria 4.0 na Alemanha, no Brasil e em Portugal, autores identificam barreiras relacionadas à capacitação técnica, à infraestrutura digital e às políticas públicas. Apesar dos potenciais benefícios, a falta de estratégias coordenadas e o acesso desigual à tecnologia comprometem a efetividade dessas transformações. Portanto, a transição da Indústria 4.0 para a 5.0 depende não apenas da inovação tecnológica, mas também de um compromisso coletivo com a sustentabilidade, a justiça social e o desenvolvimento humano.

3. Metodologia de Pesquisa

O objetivo principal deste estudo é investigar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, como a inteligência artificial (IA) tem sido aplicada em projetos sociais em diversos contextos globais, com o intuito de identificar iniciativas que contribuam de forma significativa para o desenvolvimento de soluções sociais sustentáveis por meio de tecnologias inteligentes.

Na próxima seção, serão apresentados os dois objetivos que buscam responder à questão central deste trabalho:

Quais são os benefícios da aplicação da inteligência artificial (IA) em projetos sociais, conforme identificado na literatura acadêmica?

Quais são os principais desafios e lacunas de pesquisa apontados na literatura quanto ao uso da IA em projetos sociais?

3.1 Justificativa

Revisão Sistemática da Literatura: o estudo propõe uma abordagem estruturada de pesquisa, baseada nos principais construtos do tema do artigo: Inteligência Artificial (IA) e Projetos Sociais e que pretende explorar se a IA tem impactado projetos sociais.

A crescente integração da inteligência artificial (IA) em múltiplos setores reforça a necessidade de compreender seu impacto para além das aplicações econômicas e industriais (Brynjolfsson & McAfee, 2014). No contexto dos projetos sociais, a IA apresenta oportunidades significativas para promover a inovação inclusiva, aprimorar a tomada de decisão e enfrentar desafios sociais multidimensionais (George et al., 2016). No entanto, sua aplicação nessa área ainda é pouco explorada na pesquisa acadêmica, com poucos estudos examinando como as tecnologias de IA são implementadas para apoiar a transformação social (Calvo et al., 2020).

Investigar a relação entre IA e iniciativas sociais é, portanto, essencial para garantir que as tecnologias emergentes contribuam de forma significativa para a redução das desigualdades sociais e para o avanço dos objetivos de equidade e justiça (Sirmacek & Vinuesa, 2022; Calvo et al., 2020).

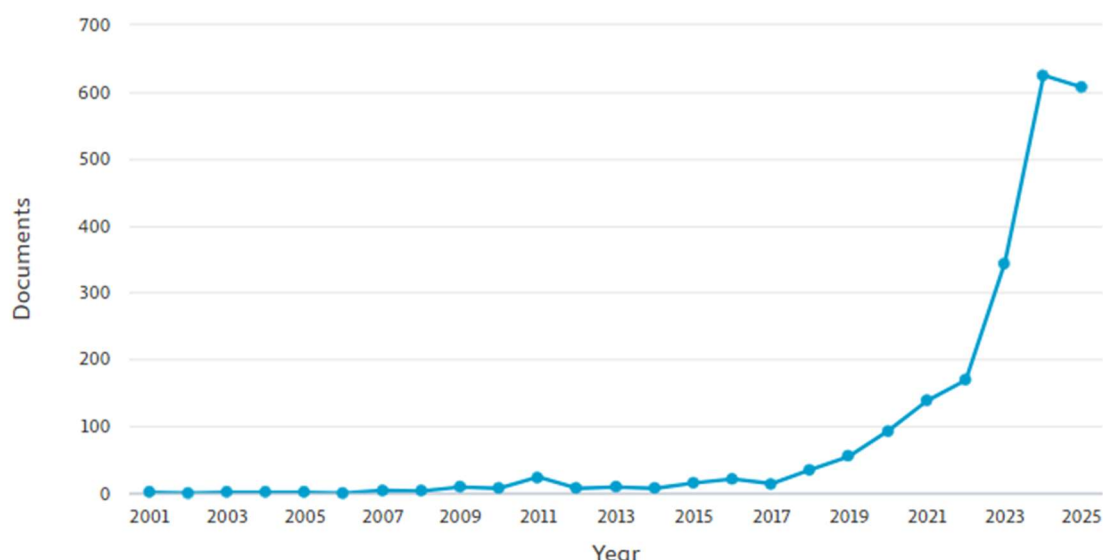
3.2 O processo do protocolo de revisão sistemática

O próximo passo será estabelecer como a busca foi conduzida, definindo a estratégia para responder às questões. Para encontrar os artigos relevantes na literatura, foi realizada uma busca na base de dados SCOPUS.

Como estratégia, primeiramente foi feita uma pesquisa baseada em palavras-chave, resultando na seguinte string final de busca: ("Artificial Intelligence" OR "AI") AND ("Benefits" OR "Opportunities") AND ("Sustainable Development" OR "SDG").

A Figura 1 apresenta o indicador '*Documents by Year*', evidenciando o aumento no número de documentos publicados desde 2001, com uma desaceleração em 2025.

Documents by year



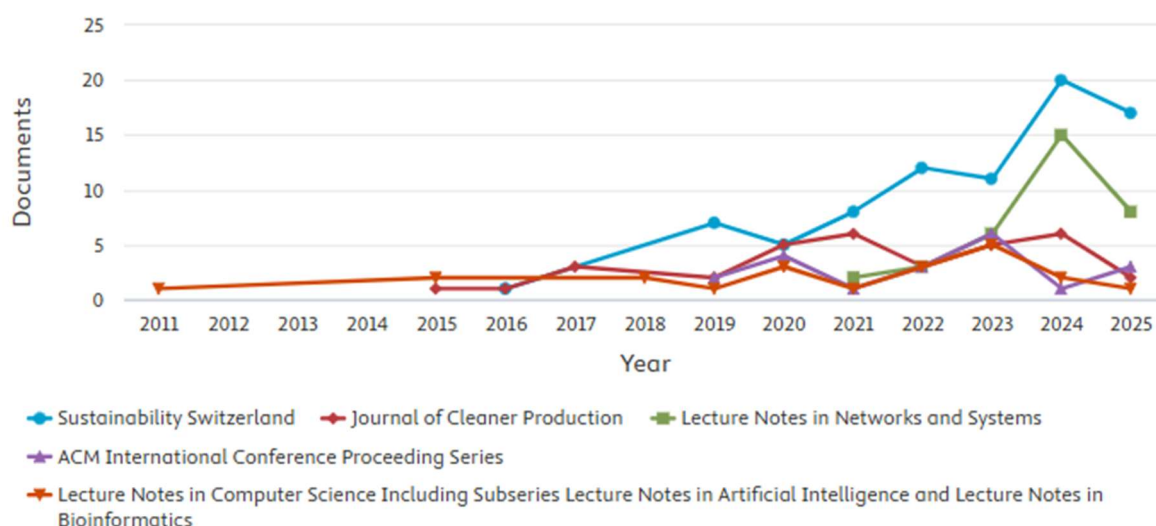
Fonte: Figura 1: Documents by Year – Banco de dados Scopus

Outra perspectiva interessante é apresentada na Figura 2, “Documents per Year by Source”, que mostra que a *Sustainability Switzerland* aumentou de forma constante o seu número de publicações até o ano passado.

Documents per year by source

Compare the document counts for up to 10 sources.

Compare sources and view CiteScore, SJR, and SNIP data

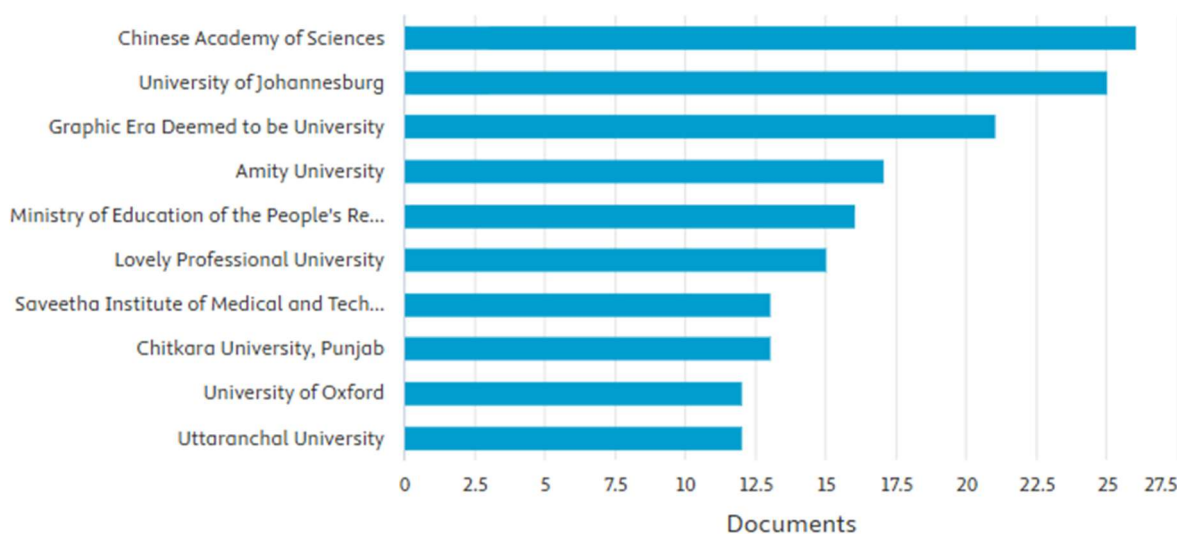


Fonte: Figura 2: Documents by Year by Source – Banco de dados Scopus

Na Figura 3, *Documents by affiliation*, é possível observar os maiores produtores de publicações desde 2001, bem como perceber o crescimento da produção de documentos por países como a China e a África

Documents by affiliation

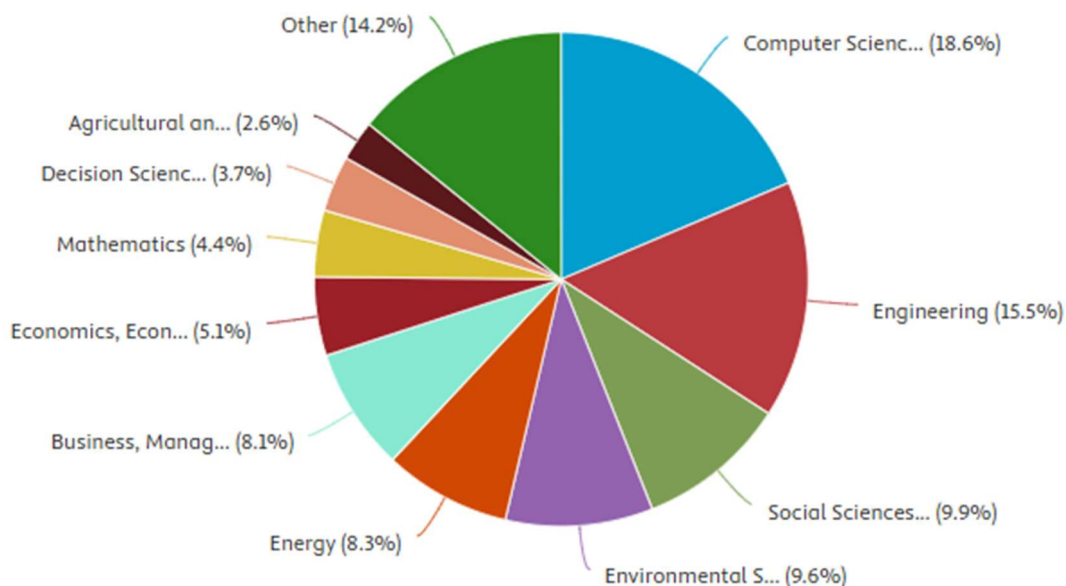
Compare the document counts for up to 15 affiliations.



Fonte: Figura 3: Documents by Affiliation – Banco de dados Scopus

Além disso, o *Documents by Subject Area* na Figura 4 mostra que a Ciência da Computação é a área que mais contribui para o tema selecionado na pesquisa.

Documents by subject area



Fonte: Figura 4: Documents by Subject Area – Banco de dados Scopus

O estudo se deu a partir de uma busca inicial que retornou 2.192 documentos, o que exigiu um refinamento para uma análise mais aprofundada. Assim, para identificar os artigos mais relevantes para este estudo, foram aplicados vários filtros, conforme detalhado a seguir:

- **Ano: de 2020 a 2025** → 1.976 documentos
- **Tipo de documento: apenas “artigos”** → 674 artigos
- **Idioma: inglês e português** → 637 artigos

A consulta resultou em 637 registros, o que possibilitou a geração de um arquivo que foi extraído da base Scopus e foi importado no software VOSviewer. Assim, pode-se gerar o mapa que apoia a análise na identificação de padrões, tendências e redes de conhecimento dentro do estudo abordado nesta revisão sistemática da literatura. O mapa de sobreposição na Figura 5 ilustra a co-ocorrência dos termos identificados na base Scopus.

Cada nó (círculo) apresentado no mapa representa uma palavra-chave extraída dos artigos analisados. O tamanho do círculo indica a frequência com que o termo aparece: quanto maior o círculo, mais frequente é o termo. As linhas entre os termos indicam co-ocorrência, ou seja, com que frequência os construtos aparecem juntos no mesmo artigo, título ou resumo. A proximidade entre os termos mostra o quão fortemente eles estão relacionados. A cor segue uma escala temporal, conforme mostrado na legenda no canto inferior direito (do azul escuro ao amarelo):

- O mapa de sobreposição evidencia uma evolução clara na produção científica sobre IA e sustentabilidade. Os termos mais antigos (2022) concentram-se em conceitos estruturantes, como desenvolvimentos sustentáveis, projetos, entre outros refletindo a base conceitual e as discussões iniciais sobre integração tecnológica e desenvolvimento sustentável. Em 2023, observa-se um deslocamento para temas estratégicos como: valores, decisões e custo, sinalizando o amadurecimento das pesquisas para a mensuração de valor, impacto socioeconômico e apoio à tomada de decisão em contextos organizacionais.

Já em 2024, ganham destaque termos emergentes como ferramentas de IA, eficiência operacional e emissão de co2, revelando a incorporação de tecnologias mais específicas, como IA generativa e automação inteligente, aplicadas diretamente à resolução de problemas ambientais e operacionais. Paralelamente, tecnologias emergentes integradas à IA, como manufatura inteligente, tecnologia de blockchain e metaverso, mostram crescimento recente, indicando um movimento para soluções sustentáveis mais integradas, digitais e orientadas por dados, conectando diferentes setores e cadeias de valor

4. Achados Interpretativos

O Mapa de Visualização de Sobreposição (*Overlay Visualization Map*) mostra como o tema da inteligência artificial aplicada ao desenvolvimento sustentável evoluiu ao longo do tempo na literatura científica. Além disso, conceitos mais recentes estão associados a tecnologias emergentes, como Internet das Coisas, blockchain e inovação (em amarelo). Por sua vez, os termos principais e consolidados, como inteligência artificial, desenvolvimento sustentável e aprendizado de máquina, aparecem em verde-azulado, indicando sua presença constante ao longo dos anos.

As conexões sugerem que os estudos tendem a abordar a IA em relação à sustentabilidade sob múltiplas perspectivas (ambiental, social e tecnológica). A análise dos 2.192 artigos extraídos da base Scopus, filtrados por critérios de relevância (idioma, tipo de documento e ano de publicação), possibilitou a identificação de padrões, tendências e lacunas no campo da inteligência artificial aplicada a projetos sociais com foco na sustentabilidade. Utilizando a ferramenta VOSviewer, foram mapeados quatro principais agrupamentos temáticos, cada um representando um eixo estrutural do conhecimento produzido nessa área.

Com base na figura do VOSviewer, os agrupamentos representam subtemas estruturados dentro do campo da inteligência artificial aplicada à sustentabilidade. Cada cor diferente representa um agrupamento, ou seja, um grupo de palavras-chave que aparecem frequentemente juntas nos artigos analisados. Esses agrupamentos indicam temas distintos dentro do conjunto de publicações. A seguir, uma interpretação do significado de cada agrupamento:

Cluster 1 – Tecnologias de IA e Sustentabilidade Aplicada

Termos: Inteligência Artificial (IA), Deep Learning, Eficiência Energética, Aprendizado de Máquina, Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável.

Esse agrupamento representa a base tecnológica da inteligência artificial aplicada diretamente à sustentabilidade com mais de 400 artigos identificados. Foca em como técnicas como aprendizado de máquina e deep learning são usadas para promover a eficiência energética e práticas sustentáveis. É o núcleo técnico-operacional da IA voltado para alcançar resultados concretos em sustentabilidade.

O foco tecnológico desse agrupamento ressalta o papel central da IA na operacionalização da sustentabilidade por meio da otimização orientada por dados. Em particular, o uso do deep learning para análises preditivas permite a detecção precoce de riscos ambientais e uma gestão mais eficiente dos recursos, contribuindo para uma economia circular (Petcu, 2024; Sánchez-García et al., 2024). Além disso, a integração do aprendizado de máquina com sensores ambientais apoia o monitoramento em tempo real de emissões, consumo de energia e indicadores de biodiversidade, permitindo que organizações adotem estratégias de sustentabilidade mais proativas e adaptativas (Bibri et al., 2024).

Cluster 2 – Inovação e Perspectiva Humana na IA Sustentável

Termos: Inteligência Artificial, Humano, Inovação e Desenvolvimento Sustentável.

Esse agrupamento conecta a perspectiva humana e social da IA com inovação e desenvolvimento sustentável, com aproximadamente 160 artigos sendo abordados ao tema. Sugere discussões sobre ética, impacto social, inovação aberta e o papel dos humanos na tomada de decisão mediada por IA. Representa a interface entre inovação tecnológica e responsabilidade social.

Também destaca a transição da inovação técnica para o design centrado no ser humano nos sistemas de IA. A literatura enfatiza cada vez mais que a inovação deve incluir deliberação

ética, sensibilidade cultural e equidade social (Tabbakh et al., 2024; Abulibdeh, 2024). Nesse sentido, a IA inclusiva não se trata apenas de reduzir vieses algorítmicos, mas também de fomentar a participação democrática na tomada de decisões tecnológicas.

Ao colocar a experiência humana no centro da inovação, esse agrupamento promove o desenvolvimento de sistemas de IA que empoderam comunidades e ampliam a agência coletiva nas transições sustentáveis (George et al., 2016; Calvo et al., 2020).

Cluster 3 – Tomada de Decisão e Impacto Socioeconômico

Termos: Mudanças Climáticas, Tomada de Decisão, Sistemas de Apoio à Decisão, Efeitos Econômicos e Sociais.

Esse agrupamento foca na aplicação da IA como ferramenta de apoio à decisão em áreas com impacto ambiental e social significativo, como mudanças climáticas e desenvolvimento econômico, com aproximadamente 170 artigos neste agrupamento. Destaca-se assim, o uso estratégico da IA para políticas públicas e planejamento sustentável, medindo efeitos socioeconômicos.

Dessa forma, o foco na tomada de decisão demonstra como a IA pode servir de ferramenta estratégica para governos, ONGs e instituições privadas que buscam criar políticas públicas mais eficazes e direcionadas. Por exemplo, sistemas de apoio à decisão baseados em IA podem auxiliar na simulação de resultados de políticas climáticas ou direcionando investimentos e esforços para as áreas e populações com maior necessidade, maximizando o retorno social e ambiental (Sirmacek & Vinuesa, 2022).

Além disso, esse agrupamento está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável ao mostrar como a IA pode medir e prever resultados socioeconômicos, como distribuição de renda, acesso à educação e oferta de serviços de saúde (United Nations, 2015; George et al., 2016).

Cluster 4 – Tecnologias Emergentes Integradas à IA

Termos: Network, Internet, Supply Chain, Blockchain, Smart City, Transformação digital, Indústria 4.0 e Internet das Coisas.

Esse agrupamento representa a convergência entre a IA e outras tecnologias emergentes, como blockchain, IoT e Indústria 4.0, apresentando mais de 150 artigos focados neste tema. Juntas, essas tecnologias criam ecossistemas digitais sustentáveis com monitoramento inteligente, transparência e automação. É um agrupamento focado na infraestrutura tecnológica e na digitalização sustentável.

Ele reflete a crescente convergência da IA com outras tecnologias de fronteira, como blockchain, IoT e Indústria 4.0, resultando em ecossistemas digitais inteligentes (Gavrus et al., 2024).

Essas integrações possibilitam maior transparência e rastreabilidade nos esforços de sustentabilidade, especialmente em cadeias de suprimentos complexas (Kunkel et al., 2024). Por exemplo, o blockchain combinado com IA pode verificar certificações de sustentabilidade, enquanto dispositivos IoT geram dados ambientais de alta frequência que alimentam modelos de IA para gestão inteligente de cidades. Como destacado por Sátyro et al. (2022), a implementação efetiva dessas tecnologias exige a superação de barreiras institucionais, infraestruturais e educacionais, especialmente em economias emergentes.

5. Conclusão

Esta revisão sistemática da literatura apresentou que a inteligência artificial (IA) está se consolidando como uma ferramenta estratégica para o desenvolvimento de projetos sociais alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A análise da produção científica revelou o surgimento de quatro principais *clusters* temáticos: tecnologias aplicadas à sustentabilidade, inovação centrada no ser humano, tomada de decisão com impacto socioeconômico e a integração da IA com tecnologias emergentes como blockchain e Internet das Coisas (IoT).

Esses achados mostram que a IA tem potencial para impulsionar a transformação social por meio da automação de processos, personalização de serviços e aumento da eficiência em políticas públicas e programas que visam gerar impacto positivos e mensuráveis na sociedade.

Ao mesmo tempo, a literatura revisada reforça que a adoção da IA em contextos sociais exige uma abordagem ética, transparente e inclusiva, sensível às vulnerabilidades locais. Autores como Calvo et al. (2020) e Tabbakh et al. (2024) enfatizam a necessidade de desenvolver e implementar algoritmos que evitem a reprodução de vieses e desigualdades sistêmicas. A visão orientada ao ser humano proposta por esses autores está alinhada aos princípios da Indústria 5.0, que prioriza interações personalizadas, éticas e socialmente responsáveis entre humanos e tecnologia (Abulibdeh, 2024).

Apesar dos avanços na pesquisa, vários desafios permanecem. A falta de indicadores consolidados para medir o retorno social sobre investimento (SROI), a fragmentação das metodologias e a escassez de estudos empíricos em regiões sub-representadas, como América Latina e África, são lacunas significativas (Sirmacek & Vinuesa, 2022).

Além disso, ainda há uma ausência de modelos holísticos de avaliação capazes de integrar valores econômicos, sociais e ambientais com a tecnologia. Em resposta, autores como Trota et al. (2024) e Patrício et al. (2025) propõem estruturas mais abrangentes baseadas em dados e apoiadas por tecnologias inteligentes, incluindo painéis de controle (*dashboards*) e ferramentas de monitoramento em tempo real para obtenção de modelos que possam ser mensuráveis.

Os achados desta revisão destacam a urgência de estabelecer estruturas interdisciplinares que orientem a aplicação da IA em projetos sociais com ênfase na responsabilidade ética e sustentável. Da mesma forma, instituições públicas e privadas deveriam ser incentivadas a adotar modelos de governança que incluam diversos papéis, garantindo que os sistemas de IA sejam não apenas utilizados como ferramentas eficientes, mas também justos e transparentes.

Essa abordagem é essencial para o desenvolvimento de tecnologias inclusivas capazes de enfrentar desafios sociais complexos, promovendo valor multidimensional e de longo prazo. Pesquisas futuras deveriam explorar mais profundamente aplicações específicas da IA em contextos locais, especialmente em regiões com baixa penetração tecnológica e alta vulnerabilidade social.

Para concluir, estudos comparativos entre países ou setores também podem oferecer *insights* sobre melhores práticas e estratégias de adaptação, o que permite desenvolver ferramentas padronizadas e holísticas de avaliação de impacto que capturem tanto os resultados tangíveis quanto os intangíveis. Ao propiciar a colaboração entre pesquisadores, gestores de políticas públicas e comunidades poderão visualizar o poder transformador da IA como catalisadora do desenvolvimento sustentável.

Referência Bibliográfica

- Abulibdeh, A., Zaidan, E. & Abulibdeh, R. (2024). Navigating the confluence of artificial intelligence and education for sustainable development in the era of industry 4.0: Challenges, opportunities, and ethical dimensions. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140527>
- Bibri S.E.; Huang J.; Krogstie J. (2024). Artificial intelligence of things for synergizing smarter eco-city brain, metabolism, and platform: Pioneering data-driven environmental governance. *Sustainable Cities and Society*, 108, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105516>
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York, NY: W. W. Norton, 2014. 320 pages. ISBN-13: 978-0-393-23935-5.
- Calvo, R. A., Dinan, T., & Peters, D. (2020). Ethical artificial intelligence: An evidence-based approach. *AI & Society*, 35(3), 551-559. <https://doi.org/10.1007/s00146-019-00813-1>
- Cockburn, I. M., Henderson, R., & Stern, S. (2018). The impact of artificial intelligence on innovation. *NBER Working Paper No. 24449*. <https://doi.org/10.3386/w24449>
- Elkington, J. (1998). Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. *Environmental Quality Management*, 8(1), 37-51. <https://doi.org/10.1002/tqem.3310080106>.
- George, G., Howard-Grenville, J., Joshi, A., & Tihanyi, L. (2016). Understanding and tackling societal grand challenges through management research. *Academy of Management Journal*, 59(6), 1880–1895. <https://doi.org/10.5465/amj.2016.4007>
- Gavrus, C., Petre, I. & Pârv, L. (2024). Industry 4.0—Premise for Sustainability: Implementation Degree in Manufacturing Companies from Romania. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16020807>
- Hughes, L., Dwivedi, Y., Rana, N., Williams, M. & Raghavan, V. (2020). Perspectives on the future of manufacturing within the industry 4.0 era. *Production Planning & Control*. 33. 1-21. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1810762> .
- Kunkel, S., Matthess, M., Xue, B. & Beier, G. (2024). Industry 4.0 in sustainable supply chain collaboration: Insights from an interview study with international buying firms and Chinese suppliers in the electronics industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106274>.
- Patrício, L., Varela, L. & Silveira, Z. (2025). Proposal for a Sustainable Model for Integrating Robotic Process Automation and Machine Learning in Failure Prediction and Operational

- Efficiency in Predictive Maintenance. *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(2), 854. <https://doi.org/10.3390/app15020854>
- Petcu M.A.; Sobolevski-David M.-I.; CUREA S.C.; MOISE D.F. (2024). Integrating Artificial Intelligence in the Sustainable Development of Agriculture: Applications and Challenges in the Resource-Based Theory Approach. *Electronics (Switzerland)*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/electronics13234580>
- Sánchez-García, E., Martínez-Falcó, J., Marco-Lajara, B. & Manresa-Marhuenda, E. (2024). Revolutionizing the circular economy through new technologies: A new era of sustainable progress. *Environmental Technology & Innovation*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103509>.
- Santhi, A. & Muthuswamy, P. (2023). Industry 5.0 or industry 4.0S? Introduction to Industry 4.0 and a Peek into the Prospective Industry 5.0 Technologies. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. 17. <https://doi.org/10.1007/s12008-023-01217-8>.
- Sátyro, W., Marins, F. A. S., Lima, R. H. P., & Gonçalves, R. F. (2022). *Implementation of Industry 4.0 in Germany, Brazil and Portugal: Barriers and Benefits*. In IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems (pp. 313–320). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16109-4_39
- Silvius, A. J. G., Kampinga, M., Paniagua, S., & Mooi, H. (2017). Considering sustainability in project management decision making; An investigation using Q-methodology. *International Journal of Project Management*, 35(6), 1133–1150. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.01.011>
- Sirmacek B.; Vinuesa R. (2022). Remote sensing and AI for building climate adaptation applications. *Results in Engineering*, 15. 10.1016/j.rineng.2022.100524
- Tabbakh, A., Amin, L., Islam, M., Chowdhury, I., Mukta, R. (2024). Towards sustainable AI: a comprehensive framework for Green AI. *Discover Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00641-4>
- Trota, A., Rania, F. & Strano, E. (2024). Exploring the linkages between FinTech and ESG: A bibliometric perspective. *Research in International Business and Finance*. 69. 10.1016/j.ribaf.2023.102200
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>