

A SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA 5.0 COMO VETOR PARA O ALCANCE DOS ODS

Sustainability in Industry 5.0 as a Driver for Achieving the SDGs

JUREMA SUELY DE ARAÚJO NERY RIBEIRO
UNIVERSIDADE FUMEC

FABIANA PAULA MOREIRA DO CARMO FURTADO
UNIVERSIDADE FUMEC

CRISTIANO LOPES CARVALHAES

AMANDA DAMASCENO DE SOUZA
UNIVERSIDADE FUMEC

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:

"À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG)

A SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA 5.0 COMO VETOR PARA O ALCANCE DOS ODS

Objetivo do estudo

Analisar como a incorporação do pilar sustentabilidade na Indústria 5.0 contribui para gerar impactos sociais positivos e impulsionar o cumprimento efetivo dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), integrando inovação tecnológica, responsabilidade ambiental e equidade social no contexto industrial contemporâneo.

Relevância/originalidade

O estudo preenche lacuna ao explorar a Indústria 5.0 sob a ótica da sustentabilidade sistêmica e de sua relação direta com os ODS, oferecendo visão integrada que articula avanços tecnológicos, valores humanos e práticas produtivas regenerativas, em alinhamento com a Agenda 2030.

Metodologia/abordagem

Pesquisa qualitativa de caráter exploratório-descritivo, baseada em Revisão Sistemática da Literatura (2019–2024) e entrevistas semiestruturadas com 10 especialistas de setores industrial, acadêmico e governamental, permitindo triangulação entre fundamentos teóricos e evidências empíricas para análise crítica da relação Indústria 5.0 - ODS.

Principais resultados

Foram identificados três pilares — centralidade no ser humano, sustentabilidade sistêmica e inovação para o bem comum — e dez categorias alinhadas aos ODS 8, 9, 10, 12 e 13, evidenciando o potencial da Indústria 5.0 para um desenvolvimento inclusivo e sustentável.

Contribuições teóricas/metodológicas

O estudo consolida fundamentos conceituais da Indústria 5.0, diferencia-a de modelos anteriores e organiza sua interface com os ODS, propondo abordagem metodológica triangulada que fortalece a robustez analítica e oferece base para pesquisas futuras sobre inovação tecnológica sustentável e impacto social.

Contribuições sociais/para a gestão

Oferece subsídios para políticas públicas, estratégias organizacionais e programas educacionais que integrem sustentabilidade e transformação digital, incentivando práticas produtivas éticas, circulares e inclusivas, capazes de ampliar competitividade industrial, reduzir desigualdades e fortalecer o alinhamento com as metas globais da Agenda 2030.

Palavras-chave: Indústria 5.0, Sustentabilidade, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, ODS, Inovação Tecnológica

Sustainability in Industry 5.0 as a Driver for Achieving the SDGs

Study purpose

Analyze how incorporating the sustainability pillar into Industry 5.0 contributes to generating positive social impacts and driving the effective achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs), integrating technological innovation, environmental responsibility, and social equity in the contemporary industrial context.

Relevance / originality

The study addresses a gap by exploring Industry 5.0 from the perspective of systemic sustainability and its direct relationship with the SDGs, offering an integrated view that connects technological advances, human values, and regenerative production practices, in alignment with the 2030 Agenda.

Methodology / approach

Qualitative exploratory-descriptive research, based on a Systematic Literature Review (2019–2024) and semi-structured interviews with 10 experts from industrial, academic, and governmental sectors, enabling triangulation between theoretical foundations and empirical evidence for a critical analysis of the Industry 5.0–SDGs relationship.

Main results

Three pillars were identified — human-centeredness, systemic sustainability, and innovation for the common good — along with ten categories aligned with SDGs 8, 9, 10, 12, and 13, highlighting Industry 5.0's potential for inclusive and sustainable development.

Theoretical / methodological contributions

The study consolidates Industry 5.0's conceptual foundations, distinguishes it from previous models, and frames its interface with the SDGs, proposing a triangulated methodology that enhances analytical robustness and supports future research on sustainable technological innovation and social impact.

Social / management contributions

It supports public policies, organizational strategies, and educational programs that integrate sustainability and digital transformation, fostering ethical, circular, and inclusive practices to boost competitiveness, reduce inequalities, and align industrial development with the global goals of the 2030 Agenda.

Keywords: Industry 5.0, Sustainability, Sustainable Development Goals, SDGs, Technological Innovation

A SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA 5.0 COMO VETOR PARA O ALCANCE DOS ODS

1 Introdução

As transformações tecnológicas e organizacionais ocorridas ao longo das revoluções industriais moldaram de forma decisiva os sistemas produtivos e a dinâmica socioeconômica global. A Indústria 4.0, marco mais recente dessa trajetória, incorporou recursos como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Big Data e automação inteligente, resultando em avanços significativos de produtividade e integração digital (Ribeiro et al., 2019a). No entanto, sua ênfase excessiva na automação e na eficiência técnica suscitou críticas quanto a efeitos colaterais, como desemprego estrutural, intensificação das desigualdades sociais e agravamento de problemas ambientais (Jefroy, Azarian & Yu, 2022).

À luz dessas restrições, a Indústria 5.0 surge como uma evolução conceitual e prática que recoloca o ser humano no centro da produção, sem renunciar aos benefícios das tecnologias emergentes (Zizic et al., 2022). Ao promover a colaboração equilibrada entre trabalhadores e máquinas inteligentes, busca não apenas ganhos econômicos, mas também sustentabilidade ambiental, inclusão social e resiliência organizacional (Lu et al., 2022). Nesse sentido, representa uma mudança de paradigma que vai além da dimensão tecnológica, incorporando princípios éticos, de justiça social e de governança responsável (European Commission, 2021; Farias, Martins & Cândido, 2021).

O cenário global atual — marcado por crises interdependentes como mudanças climáticas, pandemias e desigualdades estruturais — exige soluções integradas que conciliem inovação e responsabilidade socioambiental (Akundi et al., 2022; Fraga-Lamas, Lopes & Fernández-Caramés, 2021). Nesse contexto, a sustentabilidade deixa de ser apenas um atributo desejável e passa a ser um eixo central na formulação de estratégias industriais, impulsionando políticas públicas inclusivas, requalificação profissional contínua e uso consciente das tecnologias habilitadoras (Panza, Bruno & Lombardi, 2023; Zizic et al., 2022).

Paralelamente, a Agenda 2030, proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU), estabelece os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como referência global para erradicar a pobreza, reduzir desigualdades, promover o crescimento inclusivo e proteger o meio ambiente (ONU, 2015). O setor industrial, pela sua capacidade de alavancar inovação e gerar impacto socioeconômico, possui papel estratégico na concretização dessas metas. O Pacto Global da ONU (2020) reforça que empresas devem alinhar práticas e operações a esses objetivos, destacando a relevância de modelos produtivos compatíveis com a Indústria 5.0 para viabilizar uma economia mais equitativa e ambientalmente responsável (European Commission, 2021).

Considerando esse contexto, a questão de pesquisa que orienta este estudo é: Como a sustentabilidade, enquanto pilar fundamental da Indústria 5.0, pode atuar como vetor para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)? Para responder a essa pergunta, o objetivo geral consiste em analisar de que forma a integração do pilar sustentabilidade na Indústria 5.0 contribui para gerar impactos sociais positivos e promover o cumprimento efetivo dos ODS. Como objetivos específicos, busca-se: examinar os fundamentos conceituais e a evolução da Indústria 5.0 sob a ótica da sustentabilidade; identificar a relação entre seus princípios e os ODS mais diretamente influenciados; e avaliar a percepção de especialistas quanto à viabilidade dessa integração em contextos industriais reais.

Espera-se, com isso, oferecer subsídios para políticas e estratégias empresariais que fortaleçam a ligação entre inovação tecnológica e compromisso socioambiental.

O artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o referencial teórico; a Seção 3 descreve a metodologia adotada; a Seção 4 discute os resultados obtidos; e a Seção 5

reúne as considerações finais, incluindo contribuições, limitações e sugestões para pesquisas futuras.

2 Referencial teórico

2.1 Panorama e desenvolvimento da Indústria 5.0

A Indústria 5.0 é um paradigma recente que propõe uma re-humanização da manufatura, estimulando a cooperação entre trabalhadores e sistemas inteligentes para gerar soluções personalizadas, ambientalmente responsáveis e socialmente orientadas (Nahavandi, 2019). Em contraste com a lógica predominante na Indústria 4.0 — voltada à automação integral dos processos —, a 5.0 valoriza atributos humanos como criatividade, julgamento crítico e inteligência emocional (Monferdini, Tebaldi & Bottani, 2025).

Segundo Lu et al. (2022) e Xu et al. (2021), sua configuração envolve: integração de tecnologias habilitadoras (IA, IoT, redes 5G e robótica colaborativa); ênfase em valores humanos (bem-estar, diversidade, ética e inclusão); adoção de modelos produtivos sustentáveis (uso de energia limpa, economia circular e design regenerativo).

A visão da Indústria 5.0 prioriza a complementaridade entre capacidades humanas e inteligência das máquinas, de modo que a tecnologia amplie — e não substitua — o potencial humano. Seus principais pilares incluem: colaboração humano-máquina: utilização de robôs colaborativos (cobots) para interagir diretamente com operadores, garantindo ergonomia e eficiência (Tubis, Poturaj & Smok, 2024); customização em massa: produção flexível capaz de atender demandas específicas de consumidores e mercados (Fraga-Lamas, Lopes & Fernández-Caramés, 2021); sustentabilidade ambiental e social: implementação de práticas circulares, regenerativas e socialmente responsáveis (Rame, Purwanto & Sudarno, 2024); e ética e inclusão digital: desenvolvimento tecnológico pautado no respeito aos direitos humanos e no acesso equitativo às inovações (Santos, Costa & Santos, 2024).

A Comissão Europeia (2021) define a Indústria 5.0 como um modelo de desenvolvimento industrial sustentado pela resiliência, pela sustentabilidade e pela centralidade no ser humano, alinhando avanços tecnológicos a objetivos socioambientais de longo prazo.

2.2 Bases fundamentais da Indústria 5.0

A Indústria 5.0 representa um salto estratégico em relação à Indústria 4.0 ao incorporar dimensões sociais e ambientais como fundamentos da transformação digital. O relatório elaborado pela Comissão Europeia (Breque, De Nul & Petridis, 2021) identifica três bases fundamentais estruturantes:

1. Centralidade no ser humano — Coloca-se o indivíduo no núcleo dos sistemas produtivos, priorizando segurança, qualidade de vida e valorização de competências cognitivas e criativas. Essa orientação difere dos modelos puramente automatizados, estimulando relações de trabalho mais éticas, inclusivas e personalizadas (Nahavandi, 2019; Xu et al., 2021).

2. Sustentabilidade — Propõe a adoção de práticas que respeitem os limites ecológicos, com foco na economia circular, no uso de energia limpa e na neutralidade de carbono. Busca-se conciliar inovação tecnológica e preservação ambiental, evitando que o progresso industrial amplie desigualdades ou degrade recursos naturais (Javaid et al., 2021; Özdemir & Hekim, 2018; Rame, Purwanto & Sudarno, 2024).

3. Resiliência — Diz respeito à capacidade das organizações de se adaptarem a crises como pandemias, conflitos geopolíticos ou escassez de insumos. Tecnologias como gêmeos digitais, modelagem preditiva e IA oferecem suporte à antecipação de riscos e à tomada de decisões ágeis. A capacitação constante da força de trabalho é essencial para sustentar essa resiliência e promover inclusão (Dossou, Alvarez-de-los-Mozos & Pawlewski, 2024; Panza, Bruno & Lombardi, 2023).

Esses pilares não apenas norteiam o desenvolvimento tecnológico, mas também redefinem o propósito da inovação industrial, orientando-a para gerar benefícios concretos à sociedade e ao meio ambiente.

2.3 A Indústria 5.0 auxiliando o atingimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

A interseção entre os princípios da Indústria 5.0 e a Agenda 2030 evidencia um forte potencial de contribuição para diversos ODS. Seus princípios alinham-se diretamente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, potencializando práticas industriais que promovem desenvolvimento econômico, inclusão social e responsabilidade Ambiental, a saber:

- ODS 3 – Saúde e Bem-Estar: Tecnologias como IA diagnóstica, cirurgia robótica assistida, impressão 3D de próteses e órgãos e dispositivos vestíveis para monitoramento ampliam a personalização e a precisão dos tratamentos, tornando a saúde mais preventiva e centrada no paciente (Topol, 2019).

- ODS 4 – Educação de Qualidade: A nova lógica industrial exige competências técnicas e socioemocionais integradas. Formação contínua em áreas como robótica colaborativa, sustentabilidade e inovação digital torna-se essencial para preparar profissionais para funções de maior valor agregado (World Economic Forum, 2023).

- ODS 5 – Igualdade de Gênero: Adoção de políticas corporativas e ambientes inclusivos, ampliando a participação feminina em cargos técnicos e de liderança, com programas de capacitação e acesso equitativo às tecnologias (UNIDO, 2020).

- ODS 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico: Ao substituir tarefas repetitivas por atividades criativas e de alto valor agregado, a Indústria 5.0 potencializa empregos mais qualificados, seguros e colaborativos (Lu et al., 2022; Monferdini, Tebaldi & Bottani, 2025).

- ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura: Desenvolvimento de infraestruturas inteligentes, energias descentralizadas e processos regenerativos, fortalecendo a resiliência e conectividade industrial (European Commission, 2021).

- ODS 10 – Redução das Desigualdades: Inclusão digital, personalização de produtos e valorização da diversidade como meios de reduzir disparidades sociais e econômicas (Lu et al., 2022; Panza, Bruno & Lombardi, 2023).

- ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis: Produção sob demanda, redução de resíduos e rastreabilidade por blockchain para cadeias de suprimento éticas e circulares, com apoio da manufatura aditiva e digital twins (Xu et al., 2021; Fraga-Lamas, Lopes & Fernández-Caramés, 2021).

- ODS 13 – Ação Climática: Eficiência energética, automação verde, tecnologias de captura de carbono e descentralização energética contribuem para a mitigação das mudanças climáticas e a transição para uma economia de baixo carbono (Bai et al., 2020).

Com essa integração, a Indústria 5.0 se apresenta como vetor estratégico para alinhar progresso tecnológico, inclusão social e sustentabilidade ambiental, respondendo de forma concreta às metas estabelecidas na Agenda 2030.

3. Metodologia

Esta investigação adota uma abordagem qualitativa, de natureza exploratória e descritiva, com o propósito de analisar como a sustentabilidade, enquanto pilar da Indústria 5.0, pode contribuir para a concretização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Para isso, construiu-se uma estratégia metodológica de caráter combinado, contemplando:

- Revisão Sistemática da Literatura (RSL): destinada a identificar conceitos-chave, bases teóricas e exemplos práticos que articulem a Indústria 5.0 com os ODS, com especial atenção a iniciativas sustentáveis e seus impactos sociais. A pesquisa inicial resultou em 42 documentos; após leitura integral e avaliação qualitativa, 20 trabalhos foram selecionados para

compor o corpus final, servindo de suporte tanto para a fundamentação teórica quanto para a elaboração do roteiro das entrevistas.

- Entrevistas semiestruturadas: conduzidas com 10 especialistas de diferentes setores, visando captar percepções, experiências e perspectivas sobre a aplicação da Indústria 5.0 em contextos econômicos, sociais e ambientais, bem como sua interface com os ODS.

3.1 Revisão Sistemática da Literatura

A RSL foi desenvolvida entre janeiro e março de 2025, seguindo as diretrizes do protocolo PRISMA, com buscas realizadas nas bases Scopus, Web of Science e SciELO. Os critérios de inclusão foram: i) trabalhos publicados entre 2019 e 2024; ii) textos em português, inglês ou espanhol; iii) artigos, relatórios técnicos e documentos institucionais que abordassem Indústria 5.0, ODS, sustentabilidade, inovação tecnológica e transformação digital; iv) uso combinado dos descritores: *“Industry 5.0”*, *“Sustainable Development Goals”*, *“SDGs”*, *“human-centric manufacturing”*, *“digital transformation”*, *“green innovation”*.

A etapa inicial resultou na identificação de 42 documentos. A seleção final de 20 estudos não decorreu de nova triagem formal, mas da aplicação de critérios qualitativos, como relevância analítica, consistência teórica e originalidade de contribuição. Foram priorizadas obras que estabelecem uma ligação explícita entre os princípios da Indústria 5.0 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com foco especial em temas como centralidade humana, sustentabilidade sistêmica, inovação social, requalificação profissional e ética tecnológica. A escolha desses temas é fundamental, pois refletem diretamente os pilares que orientam a transição da indústria para modelos mais sustentáveis e responsáveis.

Ao trabalhar com esses conceitos, é possível mapear de forma clara como as organizações estão incorporando práticas que valorizam o ser humano no centro dos processos produtivos, promovem a sustentabilidade ambiental e social de maneira integrada, e impulsionam inovações que geram impacto positivo para a sociedade. Além disso, a requalificação profissional evidencia o compromisso com o desenvolvimento de competências alinhadas às demandas da nova indústria, enquanto a ética tecnológica garante que o avanço digital ocorra de forma transparente e justa.

Dessa forma, o enfoque nesses temas priorizados oferece uma base sólida para identificar e analisar a adoção efetiva da sustentabilidade na Indústria 5.0, permitindo compreender não apenas os aspectos técnicos, mas também os valores e práticas que sustentam essa transformação industrial em consonância com os ODS.

Estudos que apenas citavam superficialmente a temática, sem conexão analítica robusta, permaneceram no mapeamento geral, mas não integraram a análise interpretativa. Essa opção visou assegurar profundidade teórica e coerência ao debate sobre o papel da Indústria 5.0 como vetor de sustentabilidade no contexto contemporâneo.

3.2 Entrevistas Semiestruturadas

Para aprofundar a análise e confrontar a base teórica com a realidade prática, realizaram-se 10 entrevistas semiestruturadas com especialistas cujas atividades se relacionam diretamente à Indústria 5.0 e aos ODS. A amostra foi composta por quatro grupos: setor industrial, academia, setor público/organizações multilaterais e sociedade civil/startups de impacto.

3.2.1 Roteiro das Entrevistas

O roteiro foi estruturado em cinco blocos temáticos:

- Compreensão da Indústria 5.0 - distinções em relação à Indústria 4.0 e importância da sustentabilidade;
- Tecnologia e sustentabilidade - aplicações práticas e potencial de contribuição para metas ambientais e sociais;

- Trabalho e inclusão - repercussões sobre mercado de trabalho, educação e inclusão digital;
- Desafios e oportunidades - barreiras à implementação e soluções possíveis;
- Relação com os ODS - ODS mais beneficiados (ou prejudicados) pela adoção da Indústria 5.0.

3.2.2 Perfil dos Entrevistados

O Quadro 1, que apresenta o perfil dos entrevistados, classificados segundo suas respectivas áreas de atuação.

Qtde	Cargos/Funções	Categoria
3	Gerente de ESG, Engenheiro de inovação, Diretor industrial	Setor industrial
3	Professor doutor, pesquisador em IA, coordenador de laboratório	Academia
2	Analista de políticas públicas, representante da ONU	Setor público/organizações
2	Fundador de startup verde, coordenador de ONG tecnológica	Sociedade civil/startups

Quadro 1: Perfil dos entrevistados

Fonte: Elaborados pelos autores, 2025

3.2.3 Coleta de Dados

As entrevistas ocorreram entre fevereiro e março de 2025, por videoconferência, com duração média de 30 minutos. Todos os participantes receberam informações detalhadas sobre o estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), garantindo sigilo e anonimato, em conformidade com princípios éticos da pesquisa científica. As conversas, gravadas mediante autorização, foram transcritas integralmente.

3.2.4 Análise dos Dados

A análise do material qualitativo foi conduzida com base na técnica de análise de conteúdo de Bardin (2016), auxiliada pelo software NVivo. As transcrições foram codificadas segundo categorias pré-definidas (derivadas do objetivo e do referencial teórico) e categorias emergentes, identificadas durante a leitura exaustiva. Essa abordagem possibilitou integrar de forma consistente as evidências teóricas e empíricas, oferecendo um panorama abrangente das conexões entre sustentabilidade na Indústria 5.0 e ODS.

4 Análise dos resultados e Discussões

4.1 Principais Insights da Literatura: Convergências entre Indústria 5.0 e os ODS

A análise dos 20 artigos que compuseram o corpus final possibilitou identificar dez categorias temáticas centrais, apresentadas no Quadro 2, que sintetizam as dimensões mais relevantes da Indústria 5.0 em articulação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A construção dessas categorias seguiu a lógica da análise de conteúdo, conforme Bardin (2016), combinando categorias pré-definidas — derivadas dos objetivos da pesquisa e da literatura — com categorias emergentes observadas durante a leitura detalhada dos textos.

A sustentabilidade ambiental desponta como elemento estruturante, associada tanto à adoção de energias renováveis (Farias, Martins & Cândido, 2021) quanto à automação verde e economia circular (Fraga-Lamas, Lopes & Fernández-Caramés, 2021). Essas evidências indicam que a Indústria 5.0, quando orientada pela sustentabilidade, não apenas transforma processos produtivos, mas também fortalece ODS estratégicos, como 8, 9, 10, 12 e 13.

Os achados evidenciam que a centralidade no ser humano é um princípio recorrente, presente em estudos como o de Zizic et al. (2022), que discutem a reconfiguração do papel do trabalhador, e de Silva e Rech (2024), que exploram empatia e cocriação na indústria da moda.

A personalização da produção, que integra tecnologia e cognição humana para atender às necessidades individuais e sociais, destaca-se como prática que promove inclusão e bem-

estar social, em consonância com estudos de Gamboa-Rosales & López-Robles (2022), Özdemir & Hekim (2018) e Silva & Rech (2024). Essa abordagem evidencia como a Indústria 5.0 contribui para a humanização dos processos produtivos, reforçando seu compromisso com a sustentabilidade social.

A ética no uso das tecnologias e a inclusão digital são elementos centrais para uma transição responsável da Indústria 4.0 para a 5.0, conforme abordam Dossou, Alvarez-de-los-Mozos e Pawlewski (2024); Saniuk, Grabowska & Straka (2022) e Gamboa-Rosales e López-Robles (2022), enquanto Xu et al. (2021) destacam a equidade tecnológica como fator crucial para a sustentabilidade social.

A educação e requalificação profissional, enfatizadas por Panza, Bruno e Lombardi (2023) e Rao, Gohar e Park (2022), reforçam a necessidade de formação contínua para a construção de um ecossistema industrial sustentável e centrado no ser humano, condição essencial para impactos sociais positivos duradouros.

A resiliência e adaptabilidade, entendidas como a capacidade das organizações industriais de responder rapidamente a crises e mudanças — incluindo eventos climáticos extremos — refletem a busca por sistemas produtivos flexíveis e sustentáveis, conforme evidenciado por Akundi et al. (2022), Javaid et al. (2021) e Jefroy, Azarian & Yu (2022).

A categoria governança e políticas públicas surgem como desafios críticos para a implementação das práticas da Indústria 5.0, especialmente em relação a barreiras regulatórias e a necessidade de diretrizes claras para inovação responsável, como indicado por Dossou, Alvarez-de-los-Mozos e Pawlewski (2024). A superação desses entraves é essencial para garantir que a sustentabilidade se concretize efetivamente no contexto industrial, possibilitando o alinhamento com os ODS.

A categoria inovação colaborativa foi priorizada devido ao seu papel estratégico crescente na promoção da inclusão e do desenvolvimento equitativo, conforme ressaltado por Ribeiro et al. (2019b), Saniuk, Grabowska & Straka (2022) e Zizic et al. (2022), vinculando diretamente inovação social à sustentabilidade.

Por fim, a categoria alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável foi fundamental para avaliar como as práticas industriais se vinculam à Agenda 2030 da ONU. Estudos como os de Farias, Martins e Cândido (2021) e Rame, Purwanto e Sudarno (2024) destacam a importância de promover modelos produtivos éticos, resilientes e inclusivos para alcançar os ODS de maneira efetiva.

Insight	Categoria Temática	Descrição	Autores	ODS relacionados
1	Sustentabilidade ambiental	Práticas industriais verdes, economia circular e responsabilidade ambiental.	Bai et al. (2020); Farias, Martins & Cândido (2021); Fraga-Lamas, Lopes & Fernández-Caramés (2021)	ODS 7, 9, 12, 13
2	Centralidade no ser humano	Valorização do trabalho humano, bem-estar e humanização da produção.	Monferdini, Tebaldi & Bottani (2025); Lu et al. (2022); Xu et al. (2021); Zizic et al. (2022)	ODS 3, 4, 5, 8, 10
3	Personalização da produção	Uso de tecnologias para adaptar a produção às necessidades individuais.	Gamboa-Rosales & López-Robles (2022); Özdemir & Hekim (2018); Silva & Rech (2024)	ODS 9, 12
4	Ética na transformação digital	Preocupações com privacidade, automação e uso responsável da tecnologia.	Dossou, Alvarez-de-los-Mozos & Pawlewski (2024); Gamboa-Rosales & López-Robles (2022); Xu et al. (2024); Tubis, Poturaj & Smok (2024)	ODS 9, 10, 16
5	Inclusão digital e equidade	Democratização do acesso tecnológico e redução das desigualdades.	Saniuk, Grabowska & Straka (2022)	ODS 4, 5, 10

6	Educação e requalificação profissional	Desenvolvimento contínuo de competências digitais e humanas.	Panza, Bruno & Lombardi (2023); Xu et al. (2021)	ODS 4, 8, 9
7	Resiliência e adaptabilidade	Capacidade de enfrentar crises e mudanças globais nas cadeias produtivas.	Akundi, et al. (2022); Javaid et al. (2021); Jefroy, Azarian & Yu (2022)	ODS 8, 9, 11, 13
8	Governança e políticas públicas	Alinhamento das práticas industriais às políticas nacionais e globais.	Farias, Martins & Cândido (2021); Monferdini, Tebaldi & Bottani (2025)	ODS 9, 16, 17
9	Inovação colaborativa	Cocriação entre humanos e máquinas, inovação aberta e empática.	Saniuk, Grabowska & Straka (2022); Rao, Gohar & Park (2022); Ribeiro et al. (2019b).	ODS 8, 9, 17
10	Alinhamento com os ODS	Integração da Indústria 5.0 com os princípios da Agenda 2030.	Farias, Martins & Cândido (2021); Rame, Purwanto & Sudarno (2024)	ODS 4, 8, 9, 12, 13

Quadro 2 – Categorias temáticas da Indústria 5.0 e sua interface com os ODS identificadas na literatura

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

Os dados consolidados no Quadro 2 demonstram um claro alinhamento da Indústria 5.0 com os ODS, especialmente os números 8 (trabalho decente e crescimento econômico), 9 (indústria, inovação e infraestrutura), 10 (redução das desigualdades), 12 (consumo e produção responsáveis) e 13 (ação contra a mudança global do clima). A centralidade humana, combinada a uma perspectiva ética, sustentável e colaborativa da inovação, sinaliza a transição para um modelo industrial que equilibra tecnologia e valores sociais, promovendo impactos sociais positivos. Destacam-se categorias como requalificação profissional, inclusão digital, sustentabilidade ambiental, inovação responsável e governança ética — todas diretamente relacionadas aos compromissos da Agenda 2030.

Especificamente, a promoção do trabalho decente e a valorização das competências humanas atendem ao ODS 8, enquanto a modernização das cadeias produtivas e o fortalecimento da infraestrutura resiliente suportam o ODS 9. A personalização tecnológica e o foco na equidade contribuem para a redução das desigualdades (ODS 10). Práticas voltadas à economia circular e ao consumo consciente fortalecem o ODS 12, e a incorporação de tecnologias verdes e responsabilidade climática consolidam a contribuição para o ODS 13. Assim, os resultados evidenciam o papel transformador da Indústria 5.0 na promoção de um desenvolvimento socialmente justo, ambientalmente responsável e economicamente sustentável, confirmando seu potencial para gerar impactos sociais positivos alinhados aos ODS.

4.2 Conexão entre Estudos Bibliográficos e Percepções dos Especialistas: Perspectivas sobre Sustentabilidade na Indústria 5.0

A análise das entrevistas semiestruturadas com especialistas complementou os achados da literatura, oferecendo um panorama prático das oportunidades e desafios na implementação da Indústria 5.0 como vetor de sustentabilidade. Observou-se uma forte convergência entre as percepções práticas dos especialistas entrevistados e os fundamentos teóricos da Indústria 5.0, particularmente no que se refere à integração da centralidade humana, da responsabilidade socioambiental e do uso estratégico da tecnologia para impulsionar transformações produtivas alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Essa compatibilidade se expressa nos seguintes eixos:

- **Centralidade Humana e Produção Personalizada** – Todos os participantes (100%) ressaltaram a necessidade de reposicionar o ser humano como núcleo das decisões produtivas, reconhecendo que inovação tecnológica e dignidade laboral devem caminhar juntas. Tal posicionamento reforça o potencial da Indústria 5.0 em criar ambientes de trabalho mais

inclusivos, seguros e adaptados às necessidades individuais, conectando inovação a valores éticos e sociais (Gamboa-Rosales & López-Robles, 2022; Silva & Rech, 2024).

“Não faz mais sentido pensar em fábricas inteligentes sem inteligência social. A personalização da produção precisa considerar valores humanos. Faltam políticas educacionais públicas inclusivas” (Entrevistado 4, gerente de inovação industrial).

- **Tecnologia Orientada ao Impacto Socioambiental** – A maioria expressiva (85% ou mais) dos entrevistados defendeu que tecnologias emergentes — como inteligência artificial, robótica colaborativa e gêmeos digitais — devem ser direcionadas à elevação da qualidade de vida, à preservação ambiental e à regeneração de ecossistemas, e não apenas à maximização da eficiência operacional. Essa visão reforça a compreensão da tecnologia como instrumento de inovação responsável e promotora de equilíbrio entre progresso econômico e preservação ambiental (Dossou, Alvarez-de-los-Mozos & Pawlewski, 2024; European Commission, 2021; Farias, Martins & Cândido, 2021).

“A Indústria 5.0 não é só sobre tecnologia avançada, mas sobre responsabilidade social e regeneração ambiental” (Entrevistado 11, pesquisador em engenharia e sustentabilidade).

- **Requalificação Profissional como Pilar da Transição** – As falas revelaram consenso sobre a urgência de programas robustos de capacitação e requalificação, capazes de preparar a força de trabalho para operar e colaborar com tecnologias habilitadoras. Tal lacuna formativa foi apontada como um dos maiores entraves à consolidação da Indústria 5.0, demandando ações conjuntas entre governo, empresas e instituições de ensino (Panza, Bruno & Lombardi, 2023; Xu et al., 2021).

“Os trabalhadores precisam aprender não só a operar tecnologias, mas a colaborar com elas” (Entrevistado 9, consultor de transformação digital).

- **Produção Regionalizada, Resiliente e Ética** – Aproximadamente 75% dos entrevistados destacaram a relevância crescente de modelos produtivos localizados, capazes de responder a demandas específicas e reduzir vulnerabilidades de cadeias globais extensas. Essa estratégia, associada ao fortalecimento de economias regionais e práticas éticas, dialoga diretamente com a visão da Indústria 5.0 como promotora de resiliência e desenvolvimento territorial sustentável (Farias, Martins & Cândido, 2021; Monferdini, Tebaldi & Bottani, 2025).

“A pandemia nos mostrou que depender de cadeias globais longas é arriscado. A produção regional é o futuro” (Entrevistado 2, diretor de indústria).

- **Desafios Éticos, Regulatórios e Estruturais** – Também emergiram preocupações com lacunas normativas e riscos sistêmicos, como uso indevido de dados, exclusão digital, concentração de poder tecnológico e automação excludente. Tais questões reforçam a urgência de marcos éticos e regulatórios consistentes, capazes de assegurar que o avanço da Indústria 5.0 ocorra de maneira justa, inclusiva e alinhada aos ODS (Gamboa-Rosales & López-Robles, 2022; Xu et al., 2024).

“Precisamos de marcos éticos sólidos para garantir que a Indústria 5.0 seja justa e inclusiva” (Entrevistado 17, advogado especialista em direito digital).

Os entrevistados apontaram que a integração entre tecnologias avançadas e práticas sustentáveis requer mudanças estruturais nas empresas, incluindo: Investimento em capacitação contínua, para alinhar competências técnicas e socioambientais; Adoção de tecnologias habilitadoras verdes, como automação de baixo consumo energético, manufatura aditiva com materiais recicláveis e redes energéticas descentralizadas; e políticas públicas de incentivo, voltadas para inovação responsável e inclusão social no ambiente produtivo.

O consenso entre os participantes foi que a Indústria 5.0 não deve ser compreendida apenas como uma evolução tecnológica, mas como uma mudança de paradigma produtivo e ético, onde o uso inteligente da tecnologia é indissociável do compromisso com os ODS.

4.3 Relação Direta com os ODS Prioritários

A conexão entre estudos bibliográficos e percepções dos especialistas reforçou a associação direta da Indústria 5.0 com cinco ODS prioritários para a sustentabilidade industrial:

- ODS 8 (Trabalho decente e crescimento econômico): valorização de empregos criativos e de alta qualificação, redução de atividades repetitivas e ampliação de condições seguras de trabalho.
- ODS 9 (Indústria, inovação e infraestrutura): modernização de infraestruturas industriais com base em tecnologias inteligentes e resilientes.
- ODS 10 (Redução das desigualdades): promoção da inclusão digital e produtiva, especialmente para grupos marginalizados.
- ODS 12 (Consumo e produção responsáveis): produção sob demanda, redução de desperdícios e fortalecimento da economia circular.
- ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima): mitigação de emissões por meio de tecnologias limpas e gestão inteligente de recursos.

4.4 Síntese Interpretativa

Os resultados sugerem que a sustentabilidade na Indústria 5.0 não é apenas um atributo complementar, mas sim o elemento central que conecta os avanços tecnológicos aos compromissos da Agenda 2030. A convergência entre inovação, ética e responsabilidade socioambiental cria um cenário no qual as empresas podem atuar simultaneamente como agentes de competitividade e de transformação social.

Essa constatação reforça a importância de estratégias integradas, capazes de alinhar a transformação digital a uma transição verde, garantindo que os benefícios da Indústria 5.0 se traduzam em impactos concretos sobre o bem-estar social, a preservação ambiental e o desenvolvimento econômico inclusivo

5 Considerações Finais

Este estudo teve como propósito central examinar de que maneira a incorporação consistente do pilar da sustentabilidade à Indústria 5.0 pode gerar impactos sociais relevantes e contribuir de forma concreta para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Para isso, adotou-se uma abordagem metodológica combinada, reunindo uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e entrevistas qualitativas com especialistas dos setores industrial, tecnológico e acadêmico, possibilitando uma triangulação entre fundamentos teóricos e evidências práticas.

Os resultados indicaram que todos os objetivos específicos foram plenamente contemplados. No que se refere ao primeiro, “analisar os fundamentos e a evolução da Indústria 5.0 sob a ótica da sustentabilidade”, emergiram três pilares essenciais: centralidade no ser humano, sustentabilidade sistêmica e inovação orientada ao bem comum. Esses elementos configuram um novo paradigma produtivo, no qual a competitividade se associa à ética, à inclusão social e à preservação ambiental.

O segundo objetivo, “identificar a relação entre os princípios da Indústria 5.0 e os ODS mais diretamente beneficiados”, resultou na sistematização de dez categorias temáticas (Quadro 2), que confirmam vínculos expressivos com os ODS 8 (trabalho decente e crescimento econômico), 9 (indústria, inovação e infraestrutura), 10 (redução das desigualdades), 12 (consumo e produção responsáveis) e 13 (ação contra a mudança global do clima). Os achados reforçam que a integração da sustentabilidade potencializa benefícios ambientais e promove avanços significativos no campo social.

O terceiro objetivo, “avaliar a percepção de especialistas sobre a viabilidade dessa integração em contextos industriais reais”, revelou consenso quanto à relevância e aplicabilidade do modelo proposto, mas também apontou barreiras críticas a serem superadas,

como lacunas regulatórias, carência de capacitação profissional e ausência de políticas públicas direcionadas.

De forma geral, as evidências reunidas confirmam que a Indústria 5.0, orientada pela sustentabilidade, possui elevado potencial para catalisar transformações produtivas que conciliem inovação tecnológica, responsabilidade ambiental e equidade social, alinhando o setor industrial às demandas da Agenda 2030 e às exigências de um futuro mais justo, resiliente e regenerativo.

Principais resultados encontrados

Os resultados desta investigação demonstram que a Indústria 5.0, quando orientada pela sustentabilidade, supera a condição de evolução tecnológica para assumir um papel estruturante na reconfiguração dos sistemas produtivos rumo a um desenvolvimento inclusivo, ético e ambientalmente equilibrado. Mais do que incorporar inovações como inteligência artificial, manufatura aditiva, automação verde e redes energéticas descentralizadas, o modelo redefine critérios de competitividade ao colocar o ser humano no centro das estratégias, associando desempenho econômico à equidade social e à preservação dos recursos naturais.

A integração entre evidências teóricas e percepções práticas confirma que seu potencial transformador depende da convergência entre objetivos empresariais e compromissos globais, especialmente os ODS 8, 9, 10, 12 e 13, apoiada por governança ética, políticas públicas consistentes e ecossistemas colaborativos que envolvam empresas, academia, governos e sociedade civil. Sem essa articulação, há o risco de aplicação fragmentada das tecnologias habilitadoras, perpetuando desigualdades e desafios socioambientais.

Verificou-se ainda que a transição para modelos produtivos sustentáveis requer mudanças estruturais profundas, abrangendo cadeias de suprimento circulares e éticas, inclusão digital e programas permanentes de capacitação. Trata-se de uma ruptura paradigmática em relação à Indústria 4.0, na qual a inovação tecnológica é indissociável da valorização humana e da função social da empresa.

Ao posicionar a sustentabilidade como núcleo da inovação industrial, o estudo evidencia a necessidade de uma abordagem sistêmica e de longo prazo, pautada na produção regenerativa, na recuperação de ecossistemas, na redução das desigualdades e na criação de valor compartilhado. Isso implica desenvolver métricas precisas de avaliação, garantir transparência na divulgação de resultados e instituir mecanismos de responsabilização para assegurar que as promessas se convertam em impactos reais.

Assim, a Indústria 5.0 se consolida como plataforma estratégica para conciliar prosperidade econômica, justiça social e integridade ambiental. Seu êxito dependerá da capacidade conjunta de transformar princípios em ações concretas, garantindo que a revolução produtiva em curso seja, efetivamente, inclusiva, resiliente e regenerativa

Contribuições do Estudo

O estudo apresenta contribuições em três esferas. No campo teórico, consolida e organiza os fundamentos da Indústria 5.0, diferenciando-a de modelos anteriores e evidenciando suas interfaces com os ODS, oferecendo uma estrutura de referência para pesquisas futuras. Do ponto de vista metodológico, a integração entre revisão sistemática e entrevistas especializadas resultou em uma abordagem triangulada, reforçando a robustez analítica e a profundidade interpretativa. No âmbito prático, gera subsídios para a formulação de políticas públicas, definição de estratégias organizacionais e desenvolvimento de programas educacionais, fornecendo orientações relevantes a distintos segmentos da sociedade.

Limitações do Estudo e Recomendações Metodológicas

Apesar das contribuições alcançadas, é necessário reconhecer as restrições que circunscrevem o escopo e a aplicabilidade dos achados. A natureza qualitativa da investigação, sustentada por um corpus específico de estudos e pela consulta a um grupo delimitado de especialistas, confere profundidade interpretativa, mas reduz a possibilidade de generalização para contextos industriais distintos. Essa limitação é particularmente relevante considerando a diversidade setorial e regional das estratégias de implementação da Indústria 5.0 e das metas associadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

O recorte temporal adotado para a Revisão Sistemática da Literatura (2019–2024) constitui outro fator restritivo, pois pode ter excluído contribuições pioneiras, que oferecem bases conceituais importantes, ou publicações mais recentes que tragam evidências empíricas atualizadas. Essa delimitação temporal impacta a capacidade de capturar a evolução contínua das práticas industriais sustentáveis e de sua integração com os ODS.

Adicionalmente, a ausência de dados quantitativos impediu a mensuração objetiva dos impactos da Indústria 5.0 sobre indicadores específicos de desempenho socioambiental, restringindo a análise à dimensão qualitativa. Essa abordagem, embora eficaz para identificar padrões e interpretações, não permite estabelecer relações causais ou quantificar o grau de contribuição das práticas analisadas para o avanço das metas da Agenda 2030.

Para superar essas restrições, recomenda-se que investigações futuras adotem metodologias mistas, combinando análises qualitativas aprofundadas com métricas quantitativas de impacto, permitindo maior robustez estatística e comparabilidade entre estudos. Além disso, a ampliação da amostra de especialistas, incorporando diferentes setores, regiões e níveis hierárquicos, pode enriquecer o espectro de perspectivas e reduzir vieses interpretativos. Por fim, abordagens longitudinais seriam particularmente valiosas para acompanhar a evolução das estratégias de sustentabilidade na Indústria 5.0 ao longo do tempo, capturando tendências emergentes e suas implicações para os ODS.

FINANCIAMENTO

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG

Referências

- Akundi, A., Euresiti, D., Luna, S., Ankobiah, W., Lopes, A., & Edinbarough, I. (2022). Estado da Indústria 5.0 - Análise e Identificação das Tendências Atuais de Pesquisa. *Inovação de Sistemas Aplicados*, 5(1), 27. <https://doi.org/10.3390/asi5010027>
- Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., & Sarkis, J. (2020). Industry 5.0: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*, 229, 107776. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776>
- Bardin, Laurence. (2016). *Análise de Conteúdo* São Paulo: Edições 70.
- Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. European Commission <https://shre.ink/xDDi>
- Dossou, P.-E., Alvarez-de-los-Mozos, E., & Pawlewski, P. (2024). Uma estrutura conceitual para otimizar o desempenho na gestão sustentável da cadeia de suprimentos e transformação digital em direção à Indústria 5.0. *Matemática*, 12(17), 2737. <https://doi.org/10.3390/math12172737>

- European Commission. (2021). Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. <https://11nq.com/WiEXp>
- Farias, M. E. A. C. D., Martins, M. D. F., & Cândido, G. A. (2021). 2030 *Agenda and Renewable Energy: synergies and challenges to achieve sustainable development*. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i17.23867>
- Fraga-Lamas, P., Lopes, S. I., & Fernández-Caramés, T. M. (2021). IoT verde e IA de borda como principais facilitadores tecnológicos para uma transição digital sustentável para uma economia circular inteligente: um caso de uso da Indústria 5.0. *Sensores (Basileia, Suíça)*, 21(17), 5745. <https://doi.org/10.3390/s21175745>
- Gamboa-Rosales, N. K.; López-Robles, J. R. (2023). Evolving from Industry 4.0 to Industry 5.0: Evaluating the conceptual structure and prospects of an emerging field. *Transinformação*, v. 35, e237319, 2023. <https://doi.org/10.1590/2318-0889202335e237319>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R., & Rab, S. (2021). Industry 5.0: Potential applications in COVID-19. *Journal of Industrial Integration and Management*, 6(04), 531–545. <https://doi.org/10.1142/S2424862220500220>
- Jefroy, N., Azarian, M., & Yu, H. (2022). Moving from Industry 4.0 to Industry 5.0: what are the implications for smart logistics?. *Logistics*, 6(2), 26. <https://doi.org/10.3390/logistics6020026>
- Lu, Y., Zheng, H., Chand, S., Xia, W., Liu, Z., Xu, X., ... & Bao, J. (2022). Perspectivas sobre a manufatura centrada no ser humano em direção à Indústria 5.0. *Jornal de sistemas de manufatura*, 62, 612-627. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.02.001>
- Monferdini, L., Tebaldi, L., & Bottani, E. (2025). From Industry 4.0 to Industry 5.0: Opportunities, Challenges, and Future Perspectives in Logistics. *Procedia Computer Science*, 253, 2941-2950. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.02.018>
- Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0—A human-centric solution. *Sustainability*, 11(16), 4371. <https://doi.org/10.3390/su11164371>
- Organização das Nações Unidas. (2015). *Transformando nosso mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>
- Özdemir, V., & Hekim, N. (2018). Birth of Industry 5.0: Making sense of big data with artificial intelligence, “the Internet of Things” and next-generation technology policy. *OMICS: A Journal of Integrative Biology*, 22(1), 65–76. <https://doi.org/10.1089/omi.2017.0194>
- Pacto Global das Nações Unidas. (2020). *Integrando os ODS na estratégia empresarial: Um guia prático*. <https://www.pactoglobal.org.br>
- Panza, L., Bruno, G., & Lombardi, F. (2023). Integrar a sustentabilidade absoluta e a sustentabilidade social no passaporte digital do produto para promover a indústria 5.0. *Sustentabilidade*, 15(16), 12552. <https://doi.org/10.3390/su151612552>

- Rame, R., Purwanto, P., & Sudarno, S. (2024). Indústria 5.0 e sustentabilidade: uma visão geral das tendências e desafios emergentes para um futuro verde. *Inovação e Desenvolvimento Verde*, 3(4), 100173. <https://doi.org/10.1016/j.igd.2024.100173>
- Rao, A., Gohar, A., & Park, C. (2022). Additive manufacturing for sustainable development: A review on potential and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 337, 130547. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2022.100098>
- Ribeiro, J. S. D. A. N., França, R., Corrêa, F., & Ziviani, F. (2019a). Criação de valor para Indústria 4.0: desafios e oportunidades para gestão do conhecimento e tecnologia da informação. In *Anais do Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação–CIKI* (Vol. 1, No. 1). <https://encurtador.com.br/vum84>
- Ribeiro, J. S. D. A. N., Ziviani, F., Corrêa, F., & Neves, J. T. R. (2019b). Inovação social e gestão do conhecimento estratégico: estudo de caso na cadeia de suprimentos reversa. *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, 9(1), 285-302. <http://dx.doi.org/10.21714/2236-417X2019v9n1p285>
- Saniuk, S., Grabowska, S., & Straka, M. (2022). Identificação de Expectativas Sociais e Econômicas: Razões Contextuais para o Processo de Transformação da Indústria 4.0 no Conceito de Indústria 5.0. *Sustentabilidade*, 14(3), 1391. <https://doi.org/10.3390/su14031391>
- Santos, B., Costa, R. L. C., & Santos, L. (2024). Cibersegurança na Indústria 5.0: desafios abertos e direções futuras. Em 2024, 21ª Conferência Internacional Anual sobre Privacidade, Segurança e Confiança (PST) (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PST62714.2024.10788065>
- Silva, H. M. D. & Rech, S.R. (2024). Impactos da indústria 5.0 e moda: uma revisão sistemática da literatura. 2024: *Anais do XV Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design - P&D Design Manaus*. <https://doi.org/10.29327/5457226.1-399>
- Topol, E. (2019). *Deep medicine: How artificial intelligence can make healthcare human again*. Basic Books.
- Tubis, A. A., Poturaj, H., & Smok, A. (2024). Interação entre um sistema humano e um sistema AGV em um espaço de trabalho compartilhado - uma revisão da literatura identificando áreas de pesquisa. *Sustentabilidade*, 16(3), 974. <https://doi.org/10.3390/su16030974>
- Tubis, A. A., Poturaj, H., & Smok, A. (2024). Interação entre um sistema humano e um sistema AGV em um espaço de trabalho compartilhado - uma revisão da literatura identificando áreas de pesquisa. *Sustentabilidade*, 16(3), 974. <https://doi.org/10.3390/su16030974>
- UNIDO. (2020). *Gender equality in Industry 4.0: Challenges and opportunities*. United Nations Industrial Development Organization. <https://www.unido.org/publications>

WEF. (2023). *The future of jobs report 2023*. World Economic Forum.

<https://www.weforum.org/reports>

Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>

Zizic, M. C., Mladineo, M., Gjeldum, N., & Celent, L. (2022). Da Indústria 4.0 à Indústria 5.0: Uma Revisão e Análise da Mudança de Paradigma para as Pessoas, Organização e Tecnologia. *Energias*, 15(14), 5221. <https://doi.org/10.3390/en15145221>