



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

JUCÉLIA DA CUNHA MARQUES

LOGÍSTICA 4.0 NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA
DA LITERATURA

JOÃO PESSOA – PB
2026

JUCÉLIA DA CUNHA MARQUES

**LOGÍSTICA 4.0 NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA
DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento Curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal da Paraíba como um dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica. Orientadora: Lígia Lobo Mesquita

JOÃO PESSOA – PB

2026

Catologação na publicação Seção de Catologação e Classificação

M3571 Marques, Jucelia da Cunha.

Logística 4.0 na indústria automotiva: uma revisão sistemática da literatura / Jucelia da Cunha Marques. - João Pessoa, 2026.

48 f. : il.

Orientação: Lígia Lobo Mesquita.

TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Indústria 4.0. 2. Logística Automotiva. 3. Tecnologias Digitais. 4. Eficiência Operacional. I. Mesquita, Lígia Lobo. II. Título.


UFPB/BSCT

CDU 658.5(043.2)


JUCÉLIA DA CUNHA MARQUES

**LOGÍSTICA 4.0 NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA
DA LITERATURA**


Trabalho de Conclusão de Curso submetido à **Coordenação de Graduação do Curso de Engenharia de Produção Mecânica** da UFPB, apresentado em sessão de defesa pública realizada em 30/03/2026, obtendo o conceito 9,4, sob avaliação da banca examinadora a seguir:

Documento assinado digitalmente
 **LIGIA LOBO MESQUITA**
Data: 31/03/2026 14:53:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dra. Lígia Lobo Mesquita - Orientadora - DEP/CT/UFPB

Documento assinado digitalmente
 **ELIANA DE JESUS LOPES**
Data: 31/03/2026 17:11:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr. Ligia de Oliveira Franzosi Bessa - Membro - DEP/CT/UFPB

Documento assinado digitalmente
 **LIGIA DE OLIVEIRA FRANZOSI BESSA**
Data: 31/03/2026 16:08:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr. Eliana de Jesus Lopes - Membro - DEP/CT/UFPB

JOÃO PESSOA – PB

MARÇO/2026

AGRADECIMENTOS

Sou muito grata a Deus pela vida e por todas as oportunidades que Ele me proporciona experimentar e pela força para persistir nos momentos de exaustão, mostrando que nunca me faltou nessa longa jornada que foi a conquista da graduação.

Às minhas irmãs Isabel e Josiele, que sempre me incentivaram e dividiram comigo os problemas da graduação, me fazendo esquecer na maioria das vezes o estresse. Em especial a minha mãe Maria do Socorro, pois desde a minha infância nunca me deixou faltar a escola e criou em mim o gosto pelo saber e pelo conhecimento, sem ela, nada disso teria acontecido. Ao meu pai João, que mesmo não estando mais entre nós, se fez referência no meu caráter e no ser que me tornei, e tenho certeza de que ele ficaria muito orgulhoso de mim.

Ao meu esposo Alisson, que sempre se fez presente, e que compreendeu minhas ausências, suportou meus momentos de estresse com muita paciência e acolhimento, incentivou meus sonhos e foi meu porto seguro durante toda a elaboração deste TCC.

À minha orientadora Lígia Lobo Mesquita, por ter me aceitado para orientação, e com muita paciência me passou ensinamentos valiosos para realização deste trabalho. Como eu já disse e repito, todo aluno deveria ter uma professora com a dedicação, caráter e respeito que ela tem, pois foi um anjo que Deus colocou no meu caminho— e eu só tenho gratidão por todas as sugestões e críticas que foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico.

Aos professores do DEP, que ao longo da graduação compartilharam suas experiências e conhecimentos para contribuir com a minha formação profissional e humana.

Aos meus amigos que cativei ao longo desses anos, em especial minha amiga Maria Eduarda, que me ajudou muito nos momentos mais desafiadores da graduação. Sou muito grata pelos momentos que vivemos juntas no ambiente da UFPB e pela parceria constante.

À Universidade Federal da Paraíba, por me proporcionar o espaço e a oportunidade de uma formação pública e de qualidade.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente, contribuíram para concretização deste trabalho e para minha trajetória até hoje.

RESUMO

A evolução tecnológica tem promovido mudanças profundas nos sistemas produtivos, impulsionadas pelo avanço das tecnologias da Indústria 4.0. Na indústria automotiva, essas transformações reforçam a necessidade de otimização dos fluxos logísticos para sustentar a competitividade em um ambiente global cada vez mais dinâmico. Este trabalho tem como objetivo analisar o impacto das tecnologias da Indústria 4.0 nos processos logísticos das indústrias automotivas, identificando os principais benefícios de implementação. Para isso, adotou-se uma Revisão Sistemática da Literatura resultando em análise documental de dezoito artigos científicos publicados entre 2013 e 2025, baseada nos conceitos e indicações do fluxograma PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Os resultados demonstram que tecnologias como *Digital Twins*, *Blockchain*, *Automated Guided Vehicles* e *Artificial Intelligence* promovem uma transição da logística reativa para modelos preditivos e autônomos. Os principais benefícios incluem a eliminação de gargalos operacionais, a melhoria na rastreabilidade, a redução de custos de transporte e um rápido retorno sobre o investimento, frequentemente inferior a dois anos. Conclui-se que a integração digital constitui um requisito estratégico para a competitividade da indústria automotiva, contribuindo para operações logísticas mais resilientes, flexíveis e orientadas por dados.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Logística Automotiva; Tecnologias Digitais; Eficiência Operacional.

ABSTRACT

Technological evolution has promoted profound changes in production systems, driven by the advancement of Industry 4.0 technologies. In the automotive industry, these transformations reinforce the need to optimize logistics flows to sustain competitiveness in an increasingly dynamic global environment. This work aims to analyze the impact of Industry 4.0 technologies on the logistics processes of the automotive industry, identifying the main benefits of implementation. To this end, a Systematic Literature Review was adopted, resulting in a documentary analysis of eighteen scientific articles published between 2013 and 2025, based on the concepts and indications of the PRISMA flowchart (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). The results demonstrate that technologies such as Digital Twins, Blockchain, Automated Guided Vehicles, and Artificial Intelligence promote a transition from reactive logistics to predictive and autonomous models. The main benefits include the elimination of operational bottlenecks, improved traceability, reduced transportation costs, and a rapid return on investment, often less than two years. It is concluded that digital integration is a strategic requirement for the competitiveness of the automotive industry, contributing to more resilient, flexible, and data-driven logistics operations.

Keywords: Industry 4.0; Automotive Logistics; Digital Technologies; Operational Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de densidade (Network)	22
Figura 2 - Mapa de Densidade (Cluster).....	23
Figura 3 - Fluxograma PRISMA	26
Figura 4 -Modelo conceitual.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Definição das Tecnologias Logísticas 4.0.....	16
Tabela 2 - Termos para Indústria 4.0 e Logística	22
Tabela 3 - Estratégia de busca.....	23
Tabela 4 - Relação de estudos selecionados.....	28
Tabela 5 - Síntese das Evidências: Tecnologias da Indústria 4.0, Processos Logísticos e Benefícios Identificados.....	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Definição do tema	10
1.2	Objetivo geral.....	11
1.3	Objetivo específicos	11
1.4	Justificativa.....	11
1.5	Estrutura do trabalho	12
2	REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1	Indústria 4.0.....	13
2.2	Tecnologias da Indústria 4.0.....	14
2.3	Logística automotiva	16
2.4	Aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 na logística automotiva.....	18
3	METODOLOGIA	20
3.1	Classificação da pesquisa	20
3.2	Revisão sistemática da literatura (fluxograma PRISMA)	20
3.3	Planejamento	21
3.4	Revisão	21
3.5	Seleção <i>corpus</i> final	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	Síntese dos estudos selecionados	27
4.2	Análise dos impactos das tecnologias da Indústria 4.0 no desempenho logístico	
	35	
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
	APÊNDICES	46
	Apêndice A - checklist das recomendações do PRISMA	46

1 INTRODUÇÃO

1.1 Definição do tema

A evolução dos sistemas produtivos ao longo das revoluções industriais teve como resultado o surgimento da Indústria 4.0. Após a Indústria 3.0, marcada pela adoção de eletrônica, automação de processos de manufatura e tecnologia da informação, deixou claro a insuficiência desses sistemas diante da crescente necessidade de flexibilidade, personalização e integração em tempo real entre sistemas e máquinas (Ho *et al.*, 2025).

A Indústria 4.0 possibilita a integração entre sistemas digitais e físicos, proporcionando a transformação intensa nos modelos produtivos e logísticos. Este modelo tecnológico fundamenta-se na conectividade em tempo real, automação inteligente e análise avançada de dados, fomentando a mudança profunda no formato como as operações industriais e logísticas são planejadas e executadas. O conceito se consolida com o pilar da digitalização industrial contemporânea (Benmimoun *et al.*, 2025).

A Indústria 4.0 surge como resposta as restrições das abordagens tradicionais de gestão e produção, sendo estas insuficientes diante do aumento da complexidade, volatilidade e necessidade de sustentabilidade nos sistemas industriais atuais. Na área da Logística, esse movimento encorajou a modernização de armazéns, centros de distribuição e sistemas de gestão de estoques, propiciando operações inteligente e autônomas (Benmimoun *et al.*, 2025).

Expandindo para cadeia de suprimentos, esse modelo passou a ser chamado de *Supply Chain* 4.0, o que significa que os conceitos da Indústria 4.0 estão sendo usados nas atividades de transporte, trazendo mais inovação e tecnologia para esses processos (Abdullahi *et al.*, 2025).

A *Supply Chain* 4.0 leva a integração tecnológica ainda mais longe ao conectar digitalmente todas as etapas da cadeia de valor, desde a compra das matérias-primas até a entrega final. Essa evolução permite uma maior comunicação, transparência e uso de dados para análises, ajudando a tomar decisões mais ágeis e precisas em ambientes que estão sempre mudando (Abdullahi *et al.*, 2025).

Além disso, a aplicação de tecnologias da Indústria 4.0 permite que os sistemas de produção se ajustem de forma flexível, consigam prever possíveis problemas e usem melhor os recursos disponíveis. Isso traz mais eficiência, diminui desperdícios e torna os processos industriais mais sustentáveis (Fidlerová; Kuka; Adamczak, 2025).

Na contextura da logística na indústria automotiva, a Indústria 4.0 fortaleceu o surgimento do conceito de Logística 4.0, diretamente ligado à integração de sistemas logísticos

com tecnologias digitais, sistemas ciberfísicos e Internet das Coisas, proporcionando operações conectadas e inteligentes ao mesmo tempo (Ho *et al.*, 2025).

Diante desse contexto, torna-se relevante compreender de que forma as tecnologias da Indústria 4.0 têm influenciado os processos logísticos no setor automotivo. Assim, este estudo é orientado pela seguinte questão de pesquisa: qual o impacto das tecnologias da Indústria 4.0 nos processos logísticos da indústria automotiva?

1.2 Objetivo geral

Analisar a aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 nos processos logísticos da indústria automotiva, identificando seus principais benefícios e tendências de utilização.

1.3 Objetivo específicos

Identificar, na literatura científica, as principais tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas aos processos logísticos da indústria automotiva.

Analisar como as tecnologias da Indústria 4.0 têm sido utilizadas para apoiar e otimizar os processos logísticos no setor automotivo.

Examinar os principais benefícios associados à implementação das tecnologias da Indústria 4.0 na logística automotiva.

Sintetizar as evidências identificadas na literatura sobre o impacto das tecnologias da Indústria 4.0 no desempenho logístico.

Propor um modelo conceitual que represente a relação entre as tecnologias da Indústria 4.0 e os processos logísticos na indústria automotiva.

1.4 Justificativa

A transformação digital dos processos logísticos, promovida pela Indústria 4.0, tem gerado alterações consideráveis na maneira como as empresas estruturam, implementam e supervisionam suas operações. A complexidade crescente das cadeias de suprimentos, combinada com a demanda por mais eficiência, adaptabilidade e sustentabilidade, ressalta a relevância de se entender a aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 no ambiente logístico (Barreto; Amaral; Pereira, 2017).

As estratégias convencionais de gestão logística já não são suficientes para lidar com a instabilidade da demanda, a pressão por cortes de custos e a necessidade de altos padrões de atendimento ao cliente no cenário competitivo atual. Nesse contexto, tecnologias como Internet das Coisas, sistemas ciberfísicos, RFID (*Radio Frequency Identification*), *Artificial Intelligence* e análise de dados em tempo real desempenham um papel crucial ao permitir uma maior integração, rastreabilidade e automação das operações logísticas (Fidlerová; Kuka; Adamczak, 2025).

Do ponto de vista teórico, observa-se um aumento significativo de estudos relacionados à Indústria 4.0; entretanto, ainda há a necessidade de consolidar o conhecimento sobre a aplicação dessas tecnologias especificamente nos processos logísticos. A literatura aponta lacunas relacionadas à sistematização das tecnologias habilitadoras e à compreensão de suas contribuições práticas para o desempenho logístico e a sustentabilidade das cadeias de suprimentos (Abdullahi *et al.*, 2025).

Além disso, a logística vem sendo diretamente atingida pela Indústria 4.0 na área de desenvolvimento sistemas de rastreamento em tempo real, armazéns inteligentes, e soluções fundamentada em dados, que reforçam para a redução de desperdícios, otimização de recursos e melhoria da tomada de decisão. Esses avanços contribuem para a importância de pesquisas sobre como tais tecnologias podem ser utilizadas de forma estratégica para aumentar a eficiência operacional e a resiliência das operações logísticas (Bashatah; Elnaggar, 2025).

Do ponto de vista prático, compreender como as tecnologias da Indústria 4.0 são aplicadas à logística pode auxiliar profissionais da área a identificar oportunidades de melhoria, fortalecer a integração entre tecnologia e estratégia organizacional e adotar soluções mais alinhadas às demandas do mercado atual (Ho *et al.*, 2025).

Desse modo, o presente trabalho justifica-se por contribuir para a disseminação do conhecimento sobre a Indústria 4.0 e suas aplicações na logística automotiva, oferecendo subsídios teóricos que podem apoiar decisões gerenciais e futuras implementações tecnológicas. Particularmente, este estudo se mostra relevante ao promover uma visão estruturada e atualizada sobre o papel das tecnologias digitais nos processos logísticos da indústria automotiva.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução, contemplando a definição do tema, os objetivos, a justificativa e a estrutura do

estudo. O Capítulo 2 corresponde à revisão da literatura, na qual são discutidos os principais conceitos relacionados à Indústria 4.0, às tecnologias digitais e aos processos logísticos na indústria automotiva. O Capítulo 3 descreve os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, com destaque para a revisão sistemática da literatura conduzida com base no método PRISMA. O Capítulo 4 apresenta os resultados e as discussões, incluindo o mapeamento bibliométrico dos artigos e a análise das evidências identificadas. Por fim, o Capítulo 5 reúne as considerações finais do estudo. Após os capítulos textuais, são apresentados as referências e os apêndices.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é amplamente reconhecida na literatura como uma mudança de paradigma na manufatura, caracterizada pela integração de tecnologias de informação e comunicação. Segundo Liao *et al.* (2017), o conceito originou-se na Alemanha em 2011 e define-se pela criação de Redes de Valor Inteligentes, onde os sistemas de produção físicos são interconectados digitalmente. Para este trabalho, a escolha da definição de Liao *et al.* (2017) justifica-se pela abrangência de sua revisão sistemática, que identifica a Indústria 4.0 como um fenômeno de convergência tecnológica que visa a autonomia e a eficiência extrema nos processos industriais, além disso, ele descreve a Indústria 4.0 não apenas como um conjunto de ferramentas, mas como um sistema baseado em três pilares de integração que garantem o seu funcionamento:

Integração Vertical: refere-se à digitalização e conexão de todos os níveis hierárquicos dentro da fábrica, desde o chão de fábrica (sensores e atuadores) até o nível de gestão empresarial (ERP), permitindo uma produção flexível e reconfigurável.

Integração Horizontal: envolve a colaboração digital entre diferentes organizações, integrando fornecedores, parceiros e clientes em uma rede de valor global para otimizar o fluxo de materiais e informações.

Integração de Ponta a Ponta (*End-to-End*): foca em todo o ciclo de vida do produto, garantindo que a engenharia, a produção e o serviço pós-venda estejam conectados por meio de uma continuidade digital.

A evolução dos sistemas produtivos industriais ocorreu de forma progressiva ao longo das diferentes revoluções industriais, sendo marcada por transformações tecnológicas e organizacionais que redefiniram os modos de produção.

Com o crescimento das cadeias globais de suprimentos, o avanço na complexidade dos fluxos de materiais e informações e a elevação da demanda por produtos customizados, tornou-se irrefutável que os modelos produtivos anteriores eram insuficientes para suprir às novas exigências do mercado industrial (Barreto *et al.*, 2017). Nesse cenário, surgiram ações focadas na integração digital, conectividade em tempo real e descentralização da tomada de decisão, tornando-se propício o surgimento de um contexto para a criação de um novo paradigma industrial.

A origem formal do termo Indústria 4.0 foi na Alemanha, quando foi apresentado publicamente durante a Feira de Hannover (Hannover Messe) em 2011, um dos maiores eventos industriais do mundo. A proposta se deu por parte estratégica do governo alemão que buscava o fortalecimento da competitividade da indústria nacional, visando digitalização e inovação tecnológica (Amr; Ezzat; Kassem, 2019).

Ao longo do evento, a Indústria 4.0 foi traçada como um projeto estratégico que sugeria a integração entre sistemas físicos e digitais, com a finalidade de transformar fábricas tradicionais em ambientes produtivos inteligentes. A proposta ganhou destaque ao apresentar uma visão estruturada da integração sistêmica das tecnologias digitais à indústria, superando o modelo de automação isolada característico da Indústria 3.0 (Bigliardi; Casella; Bottani, 2021).

Assim, o termo “Indústria 4.0” representa a evolução da indústria, marcada pela integração entre automação, conectividade, dados e inteligência computacional. O conceito passou a ser amplamente difundido no meio acadêmico e industrial, influenciando áreas como logística, transporte e gestão da cadeia de suprimentos (Ho *et al.*, 2025).

2.2 Tecnologias da Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é composta por tecnologias habilitadoras que atuam de forma integrada. Entre as mais citadas destacam-se a Internet das Coisas (IoT), os sistemas ciberfísicos (CPS), a integração vertical e horizontal de sistemas, a computação em nuvem, a análise de Big Data e os sistemas de identificação automática, como o RFID (*Radio Frequency Identification*) (Fidlerová; Kuka; Adamczak, 2025).

Esse conjunto de tecnologias promove a integração entre elementos físicos e digitais por meio de sistemas ciber-físicos, proporcionando análises em tempo real, automação avançada e

coordenação de fluxos complexos (Albrecht *et al.*, 2024). Em setores industriais com alta variabilidade, como as cadeias automotivas, essa transformação é crucial, exigindo interconexão dos fluxos de suprimentos, produção e distribuição.

Diante disso, tecnologias como sistemas de rastreamento, Internet das Coisas (IoT), *Artificial Intelligence*, computação em nuvem, robôs autônomos e *analytics* são alvos de estudos recentes. Albrecht *et al.* (2024) enfatizam que essas tecnologias trabalham em camadas complementares, formando um conjunto de recursos que auxiliam desde a coleta ubíqua de dados até a automação de decisões operacionais. Essa abordagem garante que as empresas possam integrar sensores, dispositivos e sistemas, expandindo sua capacidade analítica e operacional.

Outra característica fundamental da Indústria 4.0 é a implantação de veículos autônomos de movimentação interna, como os *Autonomous Mobile Robot* (AMRs), que vem se tornando uma das tecnologias mais promissoras para a intralogística, conforme fortalecido por Pizoñ *et al.* (2024). Esses maquinários combinam sensores, IA e planejamento autônomo de rotas, sendo possível a redução de deslocamentos humanos e aumento da estabilidade operacional. As simulações e estudos de caso conduzidos por esses autores mostram que a eficiência logística cresce significativamente quando essas tecnologias são aplicadas de forma alinhada às metodologias de gestão da qualidade, como Lean.

A robótica colaborativa e avançada também executa um papel importante na Indústria 4.0. No setor automotivo, Sroka *et al.* (2024) salientaram que a automação dos processos de soldagem por meio de robôs industriais sincronizados aperfeiçoa consideravelmente o fluxo produtivo e reduz o tempo de ciclo. Quando integrada com simulação computacional, essa tecnologia viabiliza identificar gargalos e validar cenários antes da implementação, reduzindo custos e riscos. Esse uso da robótica configura um marco importante da Indústria 4.0 ao conectar modelagem digital com execução física automatizada.

Além disso, tecnologias analíticas efetuam papel decisivo. Mehrjoo e Bashiri (2013) reforçam que métodos estatísticos avançados, como regressão logística e análise de componentes principais (PCA), podem ser utilizados para reforçar decisões diárias em ambientes complexos, ampliando a precisão do planejamento.

Em processos logísticos, tecnologias como sistemas TMS, WMS, blockchain e plataformas de nuvem corroboram a conectividade e a transparência entre operadores logísticos, fornecedores e empresas (Döner *et al.*, 2025). A evolução dos modelos 4PL e 5PL, altamente inerentes a essas tecnologias, revela como a integração digital se dispõe como força

determinante para competitividade e resiliência no ambiente industrial contemporâneo, especialmente para setores complexos como o automobilístico.

A operacionalização da Indústria 4.0 depende de um "pacote tecnológico" que permite a fusão entre o mundo físico e o virtual. Liao *et al.* (2017) e Hwang *et al.* (2024) destacam que o núcleo desta revolução são os Sistemas Ciberfísicos (CPS) e a Internet das Coisas (IoT). Enquanto a IoT fornece a infraestrutura de conectividade para que os objetos "comuniquem-se" entre si, os CPS atuam como a inteligência que monitora e controla os processos físicos por meio de modelos computacionais.

Para detalhar o funcionamento dessas tecnologias, apresenta-se o Tabela 1, que sintetiza as definições baseadas na literatura clássica e nos estudos de caso analisados nesta pesquisa.

Tabela 1 - Definição das Tecnologias Logísticas 4.0

Tecnologia	Definição e Funcionamento	Referência Base
Sistemas Ciber-Físicos (CPS)	Integração de algoritmos computacionais com ativos físicos para monitoramento e controle em tempo real.	Liao <i>et al.</i> (2017)
Gêmeos Digitais (Digital Twins)	Representações virtuais de sistemas físicos que utilizam dados em tempo real para simular comportamentos e prever falhas.	Hwang <i>et al.</i> (2024)
Internet das Coisas (IoT)	Rede de objetos físicos incorporados com sensores e software para conectar e trocar dados com outros sistemas.	Liao <i>et al.</i> (2017)
Blockchain	Tecnologia de registro distribuído que garante imutabilidade e transparência dos dados na cadeia de suprimentos.	Ada <i>et al.</i> (2021)
AGVs / AMRs	Veículos autônomos que realizam o transporte de materiais sem intervenção humana, otimizando a intralogística.	Hrušecká <i>et al.</i> (2019)
Big Data & Analytics	Processamento de grandes volumes de dados operacionais para suporte à decisão e manutenção preditiva.	Ma & Chang (2023)

Fonte: Autoria própria, 2026

2.3 Logística automotiva

A logística representa uma área estratégica na indústria automotiva em razão da complexidade de seus fluxos produtivos. Döner *et al.* (2025) demonstram que cerca de 70% dos elementos adquiridos por fabricantes automotivos brasileiros são oriundos de fornecedores externos, exigindo processos logísticos rigorosos e integrados.

Nesse cenário, é preciso delimitar os conceitos fundamentais que norteiam esta discussão. A logística, sob a ótica da Indústria 4.0, é definida por Hrušecká, Lopes e Juříčková (2019) como o gerenciamento do fluxo de materiais e informações que visa aumentar a flexibilidade e o desempenho dos processos de fabricação. Para este estudo, adota-se a visão de que a logística transcende o transporte, configurando-se como a integração digital e física de toda a cadeia de suprimentos (LIAO *et al.*, 2017). Já a indústria automotiva é compreendida como um setor de alta complexidade técnica, caracterizado por sistemas de produção mistos que exigem uma coordenação precisa de componentes para atender a demandas flutuantes (Hwang; Han; Kim, 2024). Historicamente, este setor é descrito por Liao *et al.* (2017) como o precursor das inovações industriais, sendo hoje o principal campo de testes para a transição de veículos de combustão interna para elétricos, o que demanda uma logística interna cada vez mais autônoma e baseada em dados.

Rostek (2022) afirma que os processos logísticos influenciam diretamente no desempenho global da fábrica. Sroka *et al.* (2024) relatam que os gargalos intralogísticos podem criar limitações na produtividade, mesmo que os processos industriais estejam tecnicamente apropriados, reforçando a importância da logística interna.

Outra área sensível refere-se à logística de protótipos, amplamente discutida por Vorwerk e Trojahn (2024). Devido à baixa previsibilidade e ao elevado valor agregado desses materiais, sua movimentação exige rigoroso controle de riscos, processos dedicados e decisões ágeis de transbordo. Esse segmento logístico apresenta elevada criticidade, uma vez que falhas operacionais podem gerar impactos significativos nos programas de desenvolvimento de novos veículos.

A logística reversa também desempenha um papel imprescindível na cadeia automotiva, sobretudo em cenários de remanufatura. Rostek (2022) demonstra que as atividades reversas têm comportamento variavelmente alto, afetando indicadores de produtividade e demandando modelagens matemáticas robustas para sua gestão. A variabilidade torna o setor dependente de ferramentas que melhorem a previsibilidade e controle operacional.

O setor automotivo é influenciado por múltiplos fatores externos, incluindo restrições geopolíticas, como a disponibilidade global de componentes, flutuações cambiais e a capacidade dos operadores logísticos. Esses fatores ampliam a complexidade da gestão logística, especialmente em estruturas que envolvem operadores 3PL e 4PL. Nesse sentido, Döner *et al.* (2025) destacam que tais empresas enfrentam dificuldades de padronização e integração, evidenciando a necessidade de soluções que promovam a conexão transparente e automatizada entre sistemas, pessoas e processos.

2.4 Aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 na logística automotiva

No setor logístico, a aplicação de tecnologias da Indústria 4.0 inclui sensores, plataformas digitais e modelos analíticos avançados capazes de capturar e processar grandes volumes de dados em tempo real, superando as limitações dos sistemas tradicionais de planejamento empresarial (Abdullahi *et al.*, 2025). Por exemplo, essas tecnologias permitem que os armazéns se tornem automatizados, de forma que os processos de armazenamento, movimentação de materiais e separação de pedidos sejam monitorados continuamente por meio de dados em tempo real (Bashatah; Elnaggar, 2025). A integração de tecnologias digitais permite o controle preciso dos níveis de estoque, a automação de processos de separação e o atendimento mais ágil das demandas do mercado (Benmimoun *et al.*, 2025).

Döner *et al.* (2025) apresenta uma empresa automotiva que, ao implantar um sistema 4PL integralmente digitalizado, alcançou redução de dois dias no *time-to-market* (TTM), uma economia anual superior a € 243 mil e aumento de confiabilidade nos andamentos internacionais. Esse resultado demonstra como a digitalização fortalece a integração global da cadeia automotiva.

Em uma empresa automotiva de remanufatura, um único AMR foi responsável por organizar e estabilizar o fluxo interno de materiais (Pizón *et al.*, 2024). Com isso, o deslocamento desnecessário mitigou-se, e o trabalho passou a seguir um ritmo mais previsível.

A automação aliada à simulação das operações produtivas tem exercido um papel cada vez mais decisivo no aprimoramento da logística automotiva. Em um ambiente industrial marcado pelo ritmo constante das máquinas e pelo fluxo contínuo de materiais, essas tecnologias passam a orientar os processos com maior precisão e clareza. Nesse contexto, Sroka *et al.* (2024) demonstraram que a aplicação de robôs industriais na soldagem de eixos traseiros, associada ao uso da simulação *WITNESS*, foi capaz de transformar significativamente o desempenho operacional.

Sroka *et al.* (2024) apontam que os resultados observados indicaram um aumento superior a 50% na capacidade semanal de produção, ao mesmo tempo em que antigos pontos de estrangulamento do processo foram gradualmente dissipados, como se fossem nós que se desfazem em um fio antes tensionado. Com a reorganização desse fluxo, o ciclo logístico interno também foi encurtado, permitindo que materiais e informações circulassem com maior fluidez ao longo da cadeia produtiva.

Outra aplicação de destaque pode ser observada na logística voltada ao gerenciamento de protótipos, etapa particularmente sensível dentro do desenvolvimento automotivo. Nessa fase, em que prazos são curtos e a circulação de componentes precisa ocorrer com elevada precisão operacional, a organização dos fluxos logísticos torna-se decisiva para evitar atrasos e retrabalhos ao longo do processo. Nesse sentido, Vorwerk e Trojahn (2024) propõem um sistema estruturado a partir de redes neurais integradas a métodos de otimização matemática, concebido para planejar de forma mais eficiente os transbordos urgentes entre armazéns internos e externos.

Além disso, Bashatah e Elnaggar (2025) afirmam que as tecnologias da Indústria 4.0 possibilitam o uso de soluções robustas, tais como *Digital Twins* e *Artificial Intelligence*, que contribuem na simulação, previsão e otimização de processos logísticos, servindo como base para sistemas de armazéns. Essas aplicações permitem o recolhimento contínuo de dados procedentes de sensores, sistemas corporativos e ativos físicos, como também o armazenamento e processamento dessas informações em grande escala (Abdullahi *et al.*, 2025). No contexto logístico, Abdullahi *et al.* (2025) afirmam que os *Digital Twins* possibilitam a otimização de rotas, a alocação eficiente de recursos e a redução de atividades ineficientes, como viagens sem carga. Essa capacidade analítica avançada contribui significativamente para a melhoria do desempenho operacional e para a tomada de decisões estratégicas mais embasadas.

Além dos ganhos econômicos e operacionais, a Indústria 4.0 desempenha um papel fundamental para alcançar os objetivos de sustentabilidade. A integração de dados e o uso de modelos analíticos avançados geram a oportunidade de identificar desperdícios, otimizar o uso de recursos e reduzir emissões de gases de efeito estufa. Na logística, essas aplicações tornam-se especialmente relevantes, considerando o impacto ambiental do transporte de cargas (Abdullahi *et al.*, 2025).

Tecnologias como RFID, IoT, sistemas de apoio à decisão e veículos guiados automaticamente contribuem para a redução de erros, diminuição do tempo de operação e aumento da rastreabilidade, promovendo maior eficiência operacional e sustentabilidade nas operações logísticas (Fidlerová; Kuka; Adameczak, 2025).

Soluções baseadas em Indústria 4.0, como *Digital Twins* e análise de dados em tempo real, contribuem para a redução do consumo de combustível e das emissões de carbono. Assim, a Indústria 4.0 não apenas melhora o desempenho das operações logísticas, mas também apoia estratégias organizacionais voltadas ao desenvolvimento sustentável de longo prazo (Abdullahi *et al.*, 2025).

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da pesquisa

Quanto à abordagem, o presente estudo caracteriza-se como qualitativo, pois busca compreender e interpretar, com base na literatura científica, como as tecnologias da Indústria 4.0 têm sido aplicadas aos processos logísticos da indústria automotiva, bem como os principais benefícios associados a essa adoção. Esse tipo de abordagem favorece a análise aprofundada do fenômeno investigado, considerando os significados, contextos e evidências descritos nos estudos selecionados (Gonsalves, 2003, p. 68).

Quanto aos objetivos, a pesquisa possui caráter exploratório e descritivo. É exploratória por investigar um tema contemporâneo e ainda em consolidação no recorte específico da logística automotiva. É descritiva porque sistematiza e apresenta as principais tecnologias identificadas na literatura, suas aplicações e seus impactos sobre o desempenho logístico.

Quanto aos procedimentos técnicos, o método adotado foi a Revisão Sistemática da Literatura (*Systematic Literature Review* – SLR). Segundo Galvão e Ricarte (2019), a revisão sistemática consiste em um método de pesquisa que segue um processo estruturado, explícito e reprodutível para identificar, selecionar, analisar e sintetizar estudos relevantes sobre um determinado tema. Nesse sentido, a SLR permite descrever as bases de dados utilizadas, as estratégias de busca, os critérios de inclusão e exclusão dos artigos e os procedimentos de análise empregados.

Para fins deste estudo, o termo “impacto” refere-se aos efeitos decorrentes da adoção das tecnologias da Indústria 4.0 sobre o desempenho dos processos logísticos, contemplando aspectos como eficiência operacional, redução de custos, rastreabilidade e flexibilidade. Os efeitos negativos não foram aprofundados nesta pesquisa, sendo indicados como oportunidade para estudos futuros.

3.2 Revisão sistemática da literatura (fluxograma PRISMA)

A revisão sistemática da literatura foi conduzida com base nas diretrizes do PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), com o objetivo de assegurar maior transparência, rastreabilidade e reprodutibilidade ao processo de identificação, seleção e análise dos estudos. Para a condução da revisão, o procedimento metodológico foi

organizado em três etapas principais: planejamento, revisão e seleção do corpus final (Bonaldo, 2021).

3.3 Planejamento

O planejamento da revisão foi estruturado a partir da definição do problema de pesquisa, da questão norteadora, dos objetivos do estudo e da elaboração de um protocolo metodológico baseado nas recomendações do PRISMA. Essas diretrizes reúnem itens respaldados em evidências com a finalidade de orientar a condução e o relato de revisões sistemáticas da literatura (Filho, 2020, p. 1).

Nessa etapa, foram definidos os principais parâmetros operacionais da revisão, incluindo o recorte temporal, os tipos de fontes selecionadas, as bases de dados consultadas, as estratégias de busca e os critérios de inclusão e exclusão dos estudos.

As orientações do PRISMA adotadas neste trabalho fundamentaram-se em Moher *et al.* (2015) e Taveira *et al.* (2018), com a finalidade de assegurar um protocolo detalhado e consistente para a revisão bibliográfica. Embora o checklist PRISMA seja composto por 27 itens, neste estudo foram aplicados 15 itens considerados mais aderentes ao escopo metodológico do TCC (Trabalho de Conclusão de Curso), especialmente aqueles relacionados à definição do protocolo, elegibilidade, busca, seleção e síntese dos estudos.

O Apêndice A apresenta o checklist utilizado e o preenchimento dos campos referentes aos critérios adotados. Com base nessas definições, procedeu-se à etapa de revisão, na qual foi realizado o levantamento bibliográfico nas bases selecionadas.

3.4 Revisão

Para definição da estratégia de busca (*Search string*), um levantamento inicial foi realizado na base Web of Science, por meio da utilização de um conjunto amplo de palavras-chave relacionadas à Indústria 4.0 e à logística (Tabela 2). Essa etapa resultou na identificação de 2380 documentos, os quais foram refinados para 888 após a aplicação de filtros referentes ao idioma (inglês), ao período (2022–2026) e ao tipo de documento (artigos).

BDA		Flexibility		Structural equation modeling		
Internet-of-Things		Cost		Regression		
Blockchain						
CPS						
Machine learning						
Simulation						
Robotics						
Collaborative robot						
						Total
						111

Fonte: Autoria própria, 2026

A etapa de varredura nas bases de dados foi realizada no período de dezembro de 2025 a fevereiro de 2026. A estratégia de busca foi aplicada nas bases Web of Science e Scopus, resultando inicialmente em 84 publicações na base Web of Science e 163 artigos na base Scopus.

Em seguida, foram aplicados os critérios definidos no checklist do PRISMA, incluindo filtros por idioma (*English*), tipo de documento (artigos) e recorte temporal (2011–2026). Após essa etapa de refinamento, obteve-se um total de 54 artigos na Web of Science e 57 na Scopus.

Os resultados foram então unificados em uma única base de dados, totalizando 111 artigos. A partir desse conjunto, procedeu-se às etapas subsequentes de filtragem e classificação das referências, com vistas à definição do portfólio final de artigos.

3.5 Seleção *corpus* final

A seleção compreende cinco etapas: eliminação dos artigos duplicados; filtragem inicial dos artigos; classificação; exclusão do corpus estático; definição do portfólio bibliográfico.

A primeira etapa consiste na eliminação de artigos duplicados, processo realizado com o auxílio de planilhas eletrônicas para garantir a exclusividade de cada título encontrado nas diferentes bases de dados. Em seguida, ocorre a filtragem inicial, na qual os artigos são submetidos à leitura de títulos e resumos para verificar sua aderência preliminar ao tema da Logística 4.0 no setor automotivo. A etapa de classificação envolve a organização dos textos selecionados de acordo com critérios de relevância acadêmica e foco temático, preparando-os para uma análise mais profunda.

O corpus estático é composto por estudos com data de publicações fora do limite estabelecido. Todavia, este estudo limita-se a artigos publicados no filtro temporal determinado

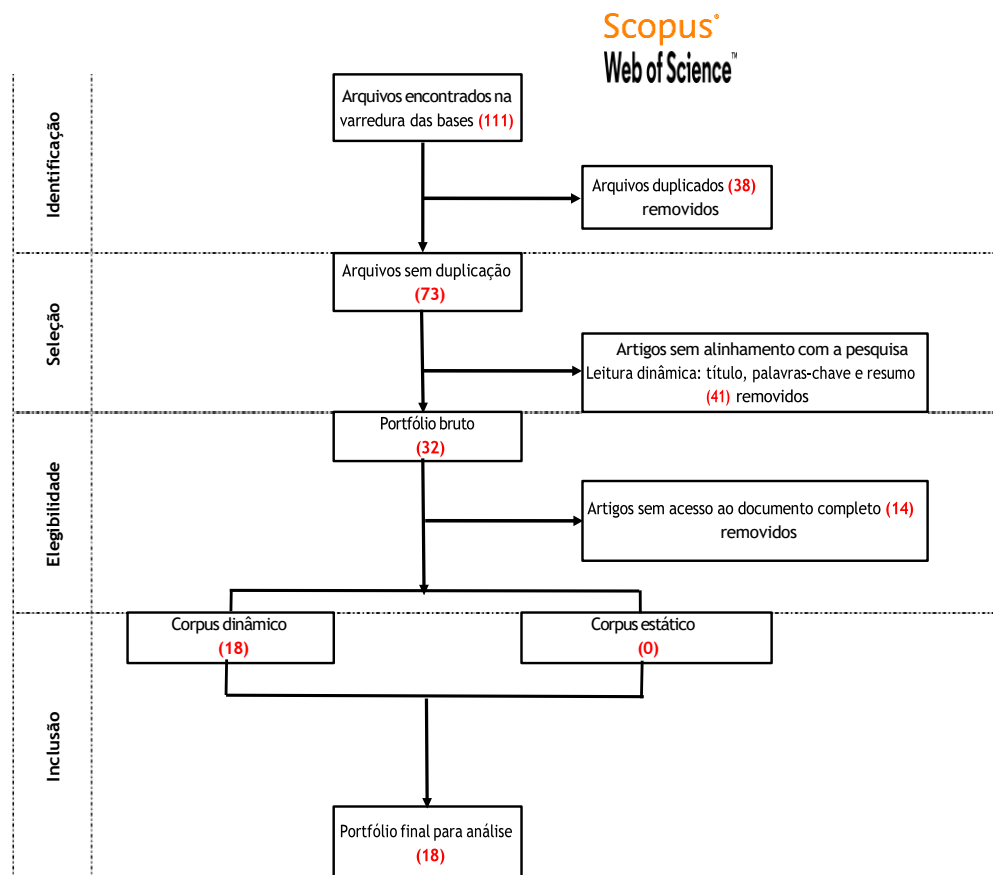
no checklist do PRISMA (2011 a 2026). Na etapa posterior, realiza-se a exclusão do *corpus* estático, fase em que os artigos que não apresentam dados empíricos suficientes ou que possuem acesso restrito são descartados, mantendo-se apenas fontes dinâmicas e completas. Por fim, ocorre a definição do portfólio bibliográfico, que consolida o conjunto final de dezoito artigos que compõem a base principal de discussão e análise deste trabalho, garantindo que o referencial seja robusto e alinhado ao objetivo da pesquisa.

Os 111 artigos selecionados na etapa de revisão foram organizados em um documento (Excel). Seguindo às diretrizes do fluxograma PRISMA (Figura 3), inicialmente foram removidos os duplicados pelo número do DOI, restando 73 artigos. Seguindo a recomendação da SLR, foram usados métodos de filtragem para seleção das pesquisas mais relevantes e que correspondessem ao objetivo deste estudo (Bonaldo, 2021).

A etapa de filtragem teve início com a realização de uma leitura preliminar, na qual foram analisados o título, o resumo e as palavras-chave dos artigos. Nessa fase, foram excluídos os estudos não aderentes ao objetivo da pesquisa, resultando em um total de 32 artigos. Em seguida, procedeu-se ao acesso aos documentos em formato PDF (*Portable Document Format*), sendo possível obter o texto completo de 18 estudos. Para a segunda etapa de filtragem, foi realizada a leitura das seções de introdução e conclusão desses artigos, com o intuito de avaliar sua pertinência em relação ao escopo da pesquisa.

Estes 18 artigos compõem o *corpus* final desta pesquisa, uma vez que todos se classificaram para a terceira leitura, sendo a leitura integral do artigo. Nesta etapa, os 18 artigos permaneceram, compondo o portfólio final para responder à questão de pesquisa: qual o impacto das tecnologias da Indústria 4.0 nos processos logísticos da indústria automotiva?

Figura 3 - Fluxograma PRISMA



Fonte: Adaptado de Moher *et al.*, 2026

Os 18 artigos selecionados compõem o *corpus* dinâmico, que se caracteriza como o conjunto final de textos submetidos à análise integral e sistemática. Diferente do *corpus* estático, que reúne a produção bruta localizada nas bases de dados, o *corpus* dinâmico é composto por estudos que superaram todos os critérios de inclusão e qualidade, fornecendo os dados e as evidências que fundamentam as discussões desta pesquisa. A partir dessa seleção rigorosa, torna-se possível extrair os principais achados sobre a integração tecnológica no setor, os quais serão detalhados na seção seguinte de Resultados e Discussão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta e discute os resultados obtidos a partir da aplicação do protocolo de revisão sistemática da literatura, conduzido conforme as diretrizes do PRISMA. Com base no *corpus* final de estudos selecionados, são analisadas as evidências relativas à aplicação das

tecnologias da Indústria 4.0 nos processos logísticos da indústria automotiva. A análise é estruturada de forma a identificar padrões, convergências e lacunas na literatura, bem como compreender de que maneira essas tecnologias impactam o desempenho logístico. Adicionalmente, os achados são interpretados à luz dos objetivos da pesquisa, permitindo uma discussão crítica das contribuições teóricas e implicações práticas associadas ao tema investigado.

4.1 Síntese dos estudos selecionados

A tabela 4 reúne os estudos selecionados para integração do corpus dinâmico deste estudo. Essa súmula traz uma visão abrangente dos estudos investigados, possibilitando o entendimento das diferentes abordagens das tecnologias 4.0 em indústrias automotivas na literatura acadêmica.

Tabela 4 - Relação de estudos selecionados

Nº	Título	Autores	Ano	Objetivos	Método
1	<i>Challenges in the introduction of agvs in production lines: case studies in the automotive industry</i>	HRUŠECKÁ, Denisa; LOPES, Rui Borges; JUŘICKOVÁ, Eva	2019	Analisar problemas e limitações na linha de produção e propor o uso de tecnologias AGV	Estudo de caso
2	<i>Link between industry 4.0 and green supply chain management: evidence from the automotive industry</i>	GHADGE, Abhijeet; MOGALE, D.G.; BOURLAKIS, Michael; MAIYAR, Lohithaksha M.; MORADLOU, Hamid	2022	Avaliar empiricamente como as tecnologias da Indústria 4.0 influenciam as práticas de <i>Green Supply Chain Management</i> (GSCM)	Amostra com 243 profissionais entre 900 convidados
3	<i>How big data analytics and artificial intelligence facilitate digital supply chain transformation: the role of integration and agility</i>	MA, Lina; CHANG, Ruijie	2025	Investigar como <i>Big Data Analytics</i> e <i>Artificial Intelligence</i> (BDA-AI) impulsionam a transformação digital da cadeia de suprimentos na indústria automotiva chinesa	Amostra com 192 empresas automotivas chinesas no período de 6 meses
4	<i>Exploring the influence of is on collaboration, agility, and performance. the case of the automotive supply chain</i>	NAOUI, Khaled; BOUBKER, Omar; EL ABDELLAOUI, Mohamed	2023	Explorar como a infraestrutura de sistemas de informação da cadeia de suprimentos (SCIS) e o compartilhamento de informações (ISSC) influenciam confiança interorganizacional (IOT), colaboração (SCC), agilidade (SCA) e, por fim, o desempenho da cadeia (SCP) no contexto da indústria automotiva marroquina	Amostra com 31 profissionais da cadeia automotiva no Marrocos
5	<i>Blockchain technology for enhancing traceability and efficiency in automobile supply chain-a case study</i>	ADA, Nesrin; ETHIRAJAN, Manavalan; KUMAR, Anil; VIMAL, K.E.K.; NADEEM, Simon Peter; KAZANCOGLU, Yigit; KANDASAMY, Jayakrishna	2021	Analisar desafios de rastreabilidade e eficiência na cadeia automotiva e projetar e testar uma arquitetura <i>blockchain</i>	Estudo de caso
6	<i>A digital twin architecture for automotive logistics-an industry case study</i>	HWANG, GyunSun; HAN, Jun-hee; KIM, Haejoong	2024	Propor e validar uma arquitetura de <i>Digital Twin</i> para resolver desafios logísticos decorrentes da produção mista de veículos ICE e EV	Estudo de caso
7	<i>Enhancing predictive maintenance in automotive industry: addressing class imbalance using advanced machine learning techniques</i>	MAHALE, Yashashree; KOLHAR, Shrikrishna; MORE, Anjali S.	2025	Desenvolver e avaliar um conjunto de técnicas de <i>machine learning</i> para predição de falhas automotivas utilizando dados OBD-II	Base de dados de 47.514 linhas e 33 atributos de dados OBD-II
8	<i>The use of simulation techniques and management tools to optimize the logistics process</i>	BANAS, WacLaw; GOLDA, Grzegorz; GWIAZDA, Aleksander; JARZYŃSKA, Magdalena; KAMPA, Adrian; KALINOWSKI, Krzysztof; OLENDER-SKÓRA, MaLgorzata; STAWOWIAK, MichaL	2024	Criar uma metodologia de modelagem e simulação baseada em <i>Digital Twin</i> para otimizar processos produtivos e intralogísticos em uma indústria automotiva	Simulação com mais de 240 cenários

9	<i>Design of large-scale logistics systems using computer simulation hierarchic structure</i>	STRAKA, Martin; LENORT, Radim; KHOURLI, Samer; FELIKS, Jerzy	2018	Analisar e demonstrar como o uso de simulação computacional com estrutura hierárquica pode aumentar a eficiência no design de sistemas logísticos de grande escala na indústria automotiva	simulação de eventos discretos usando EXTENDSIM e abordagem baseada em hierarquia (“black boxes”)
10	<i>Optimization of wiring harness logistics flow in the automotive industry</i>	POPA, Cicerone Laurentiu; IORGA, Ioana; COTET, Costel Emil; IFRIM, Ana Maria; POPESCU, Constantin- Adrian; DOBRESCU, Tiberiu Gabriel	2024	O estudo busca otimizar o fluxo logístico e produtivo do chicote elétrico automotivo, propondo uma nova arquitetura híbrida de linha de montagem (dinâmica + rotativa)	Estudo de caso
11	<i>Role of technology in outbound vehicle logistics: evidence from the chinese automobile sector</i>	SANTHARAM, Balakrishnan Adhi; RAMANATHAN, Usha	2025	Investigar como tecnologias digitais, especialmente <i>blockchain</i> (BCT), podem melhorar o desempenho da logística <i>outbound</i> automotiva na China	Estudo de caso
12	<i>Productivity and improvement of logistics processes in the company manufacturing vehicle semi-trailers - case study</i>	ROSTEK, Michael	2022	Examinar e analisar a produtividade de uma empresa automotiva, com foco nos processos logísticos, e avaliar como a melhoria de processos logísticos impacta a produtividade global da organização.	Método proprietário de avaliação de produtividade: extração de processos, preparação dos dados, análise da produtividade, desenvolvimento do programa de melhorias e controle
13	<i>Optimization processes in automotive logistic flow</i>	POPA, Cicerone Laurentiu; SEILEANU, Floarea-Loredana; COTET, Costel Emil; CHISCOP, Florina; POPESCU, Constantin- Adrian	2024	Otimização do fluxo logístico de fabricação e montagem de eixos traseiros automotivos, utilizando simulação digital no <i>WITNESS Horizon</i> e método Simplex	Amostra de linha com 7 estações de trabalho, 7 operadores e 5 células de soldagem robótica.
14	<i>The logistics of volkswagen development center applies operations research to optimize transshipments</i>	VORWERK, Bastian; TROJAHN, Sebastian	2024	Investigar como o uso de operações de pesquisa (OR), transbordos proativos e previsões via rede neural podem melhorar a logística de protótipos da Volkswagen	Modelo matemático <i>Mixed-Integer Linear Programming</i> (MILP) para otimizar transbordos. Rede neural treinada com 200.000 registros históricos para prever probabilidade de demanda (montagem vs. sucateamento). (p. 8–9). Heurística baseada em regras para uso industrial.
15	<i>Logistics operations management in the industry 4.0 era: a case study for transition of an automotive company's operations to fourth-party logistics structure</i>	DÖNER, Hülya; VAYVAY, Özalp; VARDARLIER, Pelin; KALENDER, Zeynep Tuğçe	2025	Examinar o processo de transição de uma empresa automotiva para um modelo 4PL (<i>Fourth-Party Logistics</i>)	Estudo de caso
16	<i>Autonomous mobile robots in automotive remanufacturing: a case study for intra-logistics support</i>	PIZOŃ, Jakub; WÓJCIK, Lukasz; GOŁA, Arkadiusz; KANSKI,	2024	Desenvolver uma estratégia de implementação de AMRs (<i>Autonomous Mobile Robots</i>) para otimizar processos	Estudo de caso

		Lukasz; NIELSEN, Izabela		auxiliares de intralogística em uma empresa automotiva de remanufatura	
17	<i>Leveraging Digital Technologies in Logistics 4.0: Insights on Affordances from Intralogistics Processes</i>	ALBRECHT, Tobias; BAIER, Marie-Sophie; GIMPEL, Henner; MEIERHÖFER, Simon; RÖGLINGER, Maximilian; SCHLÜCHTERMANN, Jörg; WILL, Lisanne	2023	Identificar e sistematizar as oportunidades (<i>affordances</i>) que as tecnologias digitais da Indústria 4.0 oferecem para processos de intralogística	Revisão sistemática da literatura de 2010-2022 10 entrevistas com especialistas
18	<i>An application of principal component analysis and logistic regression to facilitate production scheduling decision support system: an automotive industry case</i>	MEHRJOO, Saeed; BASHIRI, Mahdi	2013	Propor um método de apoio a tomada de decisão para o planejamento detalhado da produção durante incertezas, e combinar análise de componentes principais (PCA) e regressão logística (LR) para aumentar a acurácia do plano diário em uma montadora automotiva iraniana	Estudo de caso

Fonte: Elaboração própria, 2026

A utilização de tecnologias da Indústria 4.0 se tornou fundamental para evolução dos processos logísticos em ambiente industrial, principalmente em setores complexos, como por exemplo, o automotivo. A literatura justifica que a digitalização dos fluxos logísticos é elemento central para assegurar o desempenho produtivo e garantir disponibilidade nas informações, além de reduzir os desperdícios operacionais. Autores como Albrecht *et al.* (2024), argumentam que a incorporação de tecnologias disruptivas na logística 4.0, tais como IoT, análise de big data e blockchain, permitem que as operações logísticas sejam mais inovadoras e respondam de maneira competitiva as mudanças nas demandas do mercado. No entanto, Silva, Frederico e Garza-Reyes (2023) argumentam que o investimento em tecnologia da informação é frequentemente alto no setor logístico. Por se tratar de custos que contemplem além da aquisição, os esforços com implementação, transição, integração de ferramentas, manutenção, suporte técnico e treinamento das equipes.

Hrusecká *et al.* (2019) descrevem um estudo focado na transição do transporte manual para sistemas automatizados, incorporando a tendência de digitalização e flexibilidade da Indústria 4.0. O cenário acontece em duas empresas do setor automotivo localizadas em Portugal e outra na República Tcheca, com linhas de produção de *Automated Guided Vehicles* (AGVs). Com a implementação dessa tecnologia, o retorno financeiro foi nítido, pois houve a redução nos custos com mão de obra e conseqüentemente diminuição de erros humanos nos processos logísticos. Todavia, foi necessária a realização de planejamento dimensional do layout fabril, para a circulação dos robôs, além do fato de ter que realizar o treinamento especializado para os colaboradores, para a compreensão dessa nova dinâmica entre humano e máquina no ambiente de produção.

Ghadge *et al.* (2022) estudaram a relação entre as tecnologias, tais como IoT (Internet das coisas) e Sistemas Ciberfísicos (CPS) voltada a gestão da cadeia de suprimentos verde. Eles tiveram como base para o estudo 243 respostas de funcionários europeus, dentre 900 convidados para participação da pesquisa. O retorno da análise mostrou que a Indústria 4.0 facilita diretamente nas práticas sustentáveis melhorando o desempenho ambiental, econômico e operacional. Na logística, houve melhoria na eficiência de recursos e transparência nas informações nos processos da logística reversa e descarte de resíduos, possibilitando o monitoramento ambiental em tempo real.

Ma e Chang (2024) investigaram como o *Big Data Analytics* (BDA) e a *Artificial Intelligence* (IA) propiciam a mudança digital na cadeia de suprimentos na China. A pesquisa adota dados de uma amostra com 192 empresas automotivas chinesas no período de 6 meses, com o intuito de demonstrar que essas tecnologias impulsionam a integração interna e externa.

O impacto na logística partiu da necessidade da construção de redes de comunicação mais assertivos entre os processos de negócio e clientes, proporcionando a digitalização de todas as etapas possíveis na cadeia de valor. Neste cenário, a adoção de IA e análise de dados massivos permite a agilidade organizacional, como também maior rastreabilidade e transparência nas informações oriundas do benefício da colaboração ampliada entre os elos da cadeia produtiva.

O estudo de Naoui, Boubker e El Abdellaoui (2023) explora a influência da infraestrutura de Sistemas de Informação (SCIS) na velocidade do compartilhamento de informações na cadeia de suprimentos marroquina. A pesquisa foi realizada com 31 profissionais da cadeia automotiva no Marrocos. Através do modelo de equações estruturais (PLS-SEM), os autores perscrutaram como o compartilhamento de informações impacta a performance. Os efeitos confirmaram que a infraestrutura tecnológica influencia positivamente na colaboração e a confiança interorganizacional. Nos processos logísticos, o impacto principal foi na tomada de decisão, se tornando mais ágil e, conseqüentemente, contribuindo para que as empresas respondam rapidamente as flutuações de mercado por meio de processos digitais integrados.

Ada *et al.* (2021) analisam a aplicação da tecnologia *Blockchain* para mitigar os problemas de rastreabilidade e transparência na cadeia de suprimentos de uma fabricante de automóveis na Turquia. O estudo de caso tem como foco a integração dos processos entre os fornecedores e clientes visando reduzir erros e atrasos na cadeia de suprimentos. O estudo afirma que o uso de registros descentralizados elevou o nível da segurança e visão dos dados, por conseguinte, maior rastreabilidade. Na logística, a automação dos registros e a redução de discrepâncias de informações tornou a cadeia de suprimentos mais ágil e eficiente, além de otimizar o tempo de produção e trazer confiança digital.

Hwang, Han e Kim (2024) descrevem a transição da indústria automotiva para veículos elétricos (EV) e os obstáculos da produção de montagem mista. A pesquisa apresenta uma arquitetura utilizando *Digital Twin* integrada com Simulação de Eventos Discretos (DES) e *Business Intelligence* (BI) para gerenciar o fornecimento de grandes componentes que causavam congestionamento. Com o uso dessas tecnologias 4.0, os autores afirmam que houve melhoria na tomada de decisões baseada em dados, com isso, a eficiência do fluxo logístico e na detecção precoce de gargalos foi aprimorada, eliminando os problemas de tráfego interno de veículos de transporte.

Mahale, Kolhar e More (2025) examinam como a manutenção preditiva pode contribuir no aumento da confiabilidade de veículos com a utilização de Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*) e algoritmos como *XGBoost*. Para o estudo, foi construído uma base de

dados com 47.514 linhas e 33 atributos de dados OBD-II (*On-Board Diagnostics II*), onde o desafio era o desequilíbrio de dados diagnosticados com falhas reais que representavam 16,3% diante da amostra. Com o emprego da técnica *SMOTE* para balancear os dados, os autores perceberam melhorias e alcançaram estatisticamente mais precisão nas previsões (p-valor de 0.0010). Para a logística, essa transição de manutenções reativas para proativas minimizou o tempo de inatividade operacional e interrupções não planejadas, aumentando a confiabilidade do processo, contribuindo com o planejamento de intervenções necessárias e a rastreabilidade e transparência entre os setores.

Banas *et al.* (2024) debatem a modelagem de intralogística num Sistema de Manufatura Flexível (FMS) utilizando *Digital Twins*. O propósito foi integrar o cenário da produção com a movimentação de cada produto. O estudo realizou uma simulação com mais de 240 cenários, e com isso foi possível prever comportamentos do sistema sob diferentes regimes de demanda. Em consonância, a otimização da manipulação e transporte interno de engrenagens impactou o processo logístico, garantindo um fluxo de materiais que acompanhasse os altos padrões de qualidade exigidos pela indústria automotiva 4.0.

Straka *et al.* (2018) apresentam um projeto de sistemas logísticos de ampla escala usando uma estrutura hierárquica de Simulação Computacional que simula eventos discretos. O objetivo é a modelagem de fluxos complexos de materiais para otimizar a alocação de recursos antes da implementação física. Segundo os autores, a utilização desta técnica permite identificar possíveis melhorias no rendimento do sistema virtualmente. O impacto logístico foi a diminuição de vulnerabilidades financeiras e operacionais, proporcionando uma ferramenta de suporte à decisão que otimiza buffers de produção e o fluxo global.

Popa *et al.* (2024a) concentram-se na otimização do fluxo logístico de chicotes elétricos usando Modelagem e Simulação digital para identificar gargalos. Com a criação de um processo de montagem mais fluido, a redução de desperdícios e a garantia da diversidade de peças não interromperam o ritmo da produção. Com isso a complexidade e variedade destes componentes, na linha de montagem não sofreram mais com tempos mortos. A simulação permitiu redesenhar o fluxo de trabalho para aumentar a produtividade.

Santharam e Ramanathan (2024) discutem a logística de saída (*outbound*) de veículos finalizados na China, investigando a viabilidade do *Blockchain* (BCT). A pesquisa foca na superação de interrupções de mercado e na garantia do cumprimento de pedidos. Os autores afirmam que ao utilizar essa tecnologia, houve redução de incertezas na entrega final e consolidação na colaboração entre os fabricantes originais de equipamentos e os provedores de serviços logísticos através da imutabilidade dos dados. Ou seja, a tecnologia aprimora

drasticamente a visibilidade e o rastreamento dos veículos no estudo, comprovando e viabilizando a sua aplicação.

Rostek (2022) apresenta um estudo sobre a produtividade em processos logísticos de uma fabricante de semirreboques, fundamentado na digitalização de indicadores operacionais. O autor utiliza uma metodologia própria integrada a sistemas de monitoramento de dados que atuam como uma camada de inteligência para a medição da eficiência em tempo real. O arcabouço tecnológico abordado compreende o uso de sistemas WMS (*Warehouse Management System*) com códigos de barras. A partir dessa base tecnológica, o estudo demonstra que foi possível quantificar o desempenho de processos com alta precisão e sugerir melhorias estruturais fundamentadas. Como resultado, a gestão interna obteve ganhos significativos de agilidade, uma vez que a integração dos dados permitiu elevar a produtividade e eliminar gargalos operacionais por meio de tomadas de decisão baseadas em evidências digitais.

Popa *et al.* (2024b) realizam o fluxo de montagem de eixos traseiros usando o *software WITNESS Horizon* para a simulação de sistemas. O estudo foi realizado com uma amostra na linha de produção com 7 estações de trabalho, 7 trabalhadores e 5 células de soldagem robótica. Foi aplicado o método matemático *Simplex* nos dados simulados para maximizar a eficiência da produção. Os resultados mostraram que é possível eliminar os gargalos específicos identificados no diagrama de fluxo. o rendimento da linha foi otimizado, garantindo uma produção equilibrada e usando o máximo de capacidade dos equipamentos envolvidos nos processos logísticos.

Vorwerk e Trojahn (2024) examinaram como o Centro de Desenvolvimento Técnico da Volkswagen utiliza a Pesquisa Operacional na otimização de transbordos de peças. Os autores usaram uma rede neural treinada com 200.000 registros históricos para prever possibilidade de demanda nas áreas de montagem e sucateamento. O cenário envolve modelos matemáticos estocásticos para gestão de inventário de protótipos de peças experimentais. O uso de modelos de decisão apoia com robustez o reabastecimento em redes com múltiplos locais, resultando em redução sistemática de custos com transporte e garantindo a disponibilidade de peças críticas para o desenvolvimento de novos veículos.

Döner *et al.* (2025) pesquisaram a transição de uma empresa automotiva para uma estrutura de Logística de Quarta Parte (4LP) integrada com tecnologias da Indústria 4.0. A pesquisa utiliza um modelo de maturidade para avaliar a mudança operacional. A aplicação do método demonstrou padronização do processo e otimização de rotas, além disso, a transição para o modelo 4PL aprimorou os processos logísticos influenciando na melhoria do uso de

recursos, na qualidade na cadeia de suprimentos e possibilitando uma gestão estratégica do *outsourcing* apoiada por dados tecnológicos.

Pizoñ *et al.* (2024) exploram a utilização de robôs moveis autônomos para dar suporte à intralogística de processos de recondicionamento. O estudo de caso investiga a possibilidade de substituição de sistemas dos transportes rígidos pelo uso dos robôs adaptáveis ao ambiente. Essa modificação apontou que houve aumento significativo na flexibilidade operacional e na segurança laboral. Com isso, a logística interna teve modernização dos fluxos na otimização de rotas e movimentação de componentes usados, além de reduzir distâncias entre as estações de trabalho de forma autônoma.

Albrecht *et al.* (2024) sintetizam as oportunidades das tecnologias digitais, tais como os robôs colaborativos na intralogística. O estudo realiza uma revisão sistemática da literatura no filtro temporal de 2010-2022 e aplicou 10 entrevistas com especialistas da área. Com o uso de um framework de 10 categorias tecnológicas, os pesquisadores detalham 46 manifestações práticas da Logística 4.0. Dando destaque para um guia para a digitalização sistemáticas de armazéns, neste caso, o impacto logístico é diretamente na melhoria da visibilidade e coordenação dos processos internos, propiciando que as organizações progridam os recursos tecnológicos para automatizar tarefas de transporte e armazenamento.

Mehrjoo e Bashiri (2013) abordam o time da produção utilizando Análise de Componentes Principais (PCA) e Regressão Logística. A pesquisa foi desenvolvida em uma fábrica no Irã no qual os algoritmos tradicionais falhavam por causa das flutuações diárias. Ao aplicar PCA nos dados operacionais, a empresa elevou a acurácia do plano diário, reduziu replanejamentos e mitigou variabilidade de suprimentos permitiu decisões mais robustas e rápidas perante a complexidade operacional, eliminou a sequência de carrocerias e restrições físicas, impactando diretamente na confiabilidade e eficiência da logística de produção.

4.2 Análise dos impactos das tecnologias da Indústria 4.0 no desempenho logístico

A Tabela 5 sintetiza as evidências dos estudos analisados neste trabalho, apresentando de forma estruturada a relação entre as tecnologias da Indústria 4.0, os processos logísticos nos quais são aplicadas e os benefícios decorrentes de sua implementação. Esse mapeamento permite compreender como a digitalização tem sido incorporada às operações logísticas da indústria automotiva, evidenciando a diversidade de soluções adotadas e o caráter multidisciplinar das tecnologias que sustentam a melhoria do desempenho logístico.

Tabela 5 - Síntese das Evidências: Tecnologias da Indústria 4.0, Processos Logísticos e Benefícios Identificados

Autores	Processo Logístico	Tecnologias 4.0	Principais Benefícios
HWANG, Gyunun; HAN, Jun-hee; KIM, Haejoong	Logística interna de montagem (Veículos Elétricos)	<i>Digital Twin</i> , Simulação de Eventos Discretos (DES), <i>Business Intelligence</i> (BI)	Tomada de decisão em tempo real, eliminação de congestionamentos e detecção precoce de gargalos.
ADA, Nesrin; ETHIRAJAN, Manavalan; KUMAR, Anil; VIMAL, K.E.K.; NADEEM, Simon Peter; KAZANCOGLU, Yigit; KANDASAMY, Jayakrishna	Cadeia de suprimentos (Rastreabilidade)	<i>Blockchain</i>	Aumento da transparência, segurança de dados, automação de registros e redução de erros de informação.
HRUŠECKÁ, Denisa; LOPES, Rui Borges; JUŘIČKOVÁ, Eva	Intralogística e transporte de materiais	AGVs (<i>Automated Guided Vehicles</i>)	Redução de custos de mão de obra, aumento da flexibilidade e diminuição de erros humanos.
STRAKA, Martin; LENORT, Radim; KHOURI, Samer; FELIKS, Jerzy	Fluxo de materiais em larga escala	Simulação Computacional Hierárquica	Redução de riscos financeiros, otimização de buffers e suporte à decisão antes da execução física.
MAHALE, Yashashree; KOLHAR, Shrikrishna; MORE, Anjali S.	Manutenção de frotas/veículos	<i>Machine Learning</i> , <i>XGBoost</i> , <i>SMOTE</i>	Redução de <i>downtime</i> , transição para manutenção proativa e alta precisão na previsão de falhas.
NAOUI, Khaled; BOUBKER, Omar; EL ABDELLAOUI, Mohamed	Gestão e colaboração na cadeia de suprimentos	SCIS (Sistemas de Informação), PLS-SEM	Melhoria na agilidade organizacional, aumento da confiança interorganizacional e performance global.
MA, Lina; CHANG, Ruijie	Transformação digital da cadeia de suprimentos	<i>Big Data Analytics</i> (BDA), <i>Artificial Intelligence</i> (IA)	Integração interna/externa, maior resposta a mudanças de mercado e fortalecimento da rede de negócios.
GHADGE, Abhijeet; MOGALE, D.G.; BOURLAKIS, Michael; MAIYAR, Lohithaksha M.; MORADLOU, Hamid	Logística verde e sustentabilidade	IoT, <i>Blockchain</i> , CPS (Sistemas Ciberfísicos)	Eficiência de recursos, monitoramento ambiental em tempo real e transparência na logística reversa.
POPA, Cicerone Laurentiu; IORGA, Ioana; COTET, Costel Emil; IFRIM, Ana Maria; POPESCU, Constantin-Adrian; DOBRESCU, Tiberiu Gabriel	Fluxo logístico de chicotes elétricos	Modelagem e Simulação de Sistemas	Eliminação de tempos mortos, aumento da produtividade e melhor gestão de componentes complexos.

POPA, Cicerone Laurentiu; SEILEANU, Floarea-Loredana; COTET, Costel Emil; CHISCOP, Florina; POPESCU, Constantin-Adrian	Montagem de eixos traseiros	Software WITNESS Horizon, Método Simplex	Identificação de gargalos operacionais, maximização da eficiência produtiva e equilíbrio da linha.
ROSTEK, Michaela	Processos logísticos de manufatura	Metodologia de Indicadores de Produtividade	Identificação de áreas de baixo rendimento e embasamento para melhoria contínua de processos.
SANTHARAM, Balakrishnan Adhi; RAMANATHAN, Usha	Logística de saída (Outbound)	Blockchain (BCT)	Visibilidade total do rastreamento de veículos e redução de incertezas no cumprimento de pedidos.
VORWERK, Bastian; TROJAHN, Sebastian	Logística de peças e protótipos (Transbordo)	Pesquisa Operacional, Modelagem Estocástica	Redução de custos de transporte e garantia de disponibilidade de peças críticas para desenvolvimento.
BANAŚ, Wacław; GOLDA, Grzegorz; GWIAZDA, Aleksander; JARZYŃSKA, Magdalena; KAMPA, Adrian; KALINOWSKI, Krzysztof; OLENDER-SKÓRA, Małgorzata; STAWOWIAK, Michał	Intralógica e Cross-docking	Digital Twin, Simulação FMS	Previsão de comportamento do sistema sob demanda e otimização da movimentação de produtos.
MEHRJOO, Saeed; BASHIRI, Mahdi	Planejamento e Controle da Produção (PPC)	PCA (Análise de Componentes Principais), Regressão Logística	Agendamento robusto de produção e redução do impacto de incertezas e flutuações diárias.
PIZOŃ, Jakub; WÓJCIK, Lukasz; GOLA, Arkadiusz; KAŃSKI, Lukasz; NIELSEN, Izabela	Intralógica de remanufatura	AMRs (Robôs Móveis Autônomos)	Aumento da flexibilidade operacional, segurança no trabalho e autonomia no fluxo de componentes.
ALBRECHT, Tobias; BAIER, Marie-Sophie; GIMPEL, Henner; MEIERHÖFER, Simon; RÖGLINGER, Maximilian; SCHLÜCHTERMANN, Jörg; WILL, Lisanne	Processos de intralógica digital	Plataformas Digitais, Robots, Gestão de Ativos	Digitalização sistemática, melhoria na coordenação de armazéns e automação de tarefas.
DÖNER, Hülya; VAYVAY, Özalp; VARDARLIER, Pelin; KALENDER, Zeynep Tuğçe	Gestão de operações logísticas	Estrutura 4PL (Fourth-Party Logistics)	Simplificação operacional, melhor uso de recursos e aumento da qualidade da cadeia de suprimentos.

Fonte: Elaboração própria, 2026

A análise dos estudos selecionados permitiu identificar diferentes impactos das tecnologias da Indústria 4.0 sobre o desempenho logístico no setor automotivo. Esses impactos podem ser agrupados em categorias analíticas relacionadas às principais dimensões do desempenho logístico.

Eficiência operacional: diversas tecnologias, como *Digital Twin*, simulação computacional e robôs autônomos, contribuem para a melhoria da eficiência operacional, possibilitando a redução de gargalos produtivos e a otimização dos fluxos internos de materiais.

Redução de custos: tecnologias como AGVs, sistemas automatizados e algoritmos de otimização auxiliam na diminuição de custos operacionais, especialmente relacionados à movimentação de materiais, mão de obra e transporte.

Rastreabilidade e visibilidade da cadeia: soluções baseadas em *blockchain*, IoT e sistemas de informação ampliam a transparência e a rastreabilidade das operações logísticas, permitindo maior controle sobre o fluxo de materiais e informações ao longo da cadeia de suprimentos.

Flexibilidade e agilidade operacional: a integração digital entre sistemas produtivos e logísticos possibilita respostas mais rápidas às variações de demanda e às mudanças nas condições operacionais, aumentando a agilidade das cadeias de suprimentos automotivas.

Sustentabilidade logística: algumas tecnologias também contribuem para a melhoria do desempenho ambiental das operações logísticas, ao otimizar rotas, reduzir desperdícios e diminuir o consumo de recursos energéticos.

Dessa forma, observa-se que a aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 promove impactos multidimensionais no desempenho logístico, reforçando o papel da digitalização como elemento estratégico para a competitividade da indústria automotiva.

A análise da literatura relevante responde à pergunta central desta pesquisa: qual o impacto das tecnologias da Indústria 4.0 nos processos logísticos da indústria automotiva? O impacto é profundo e estrutural, alinhando-se perfeitamente ao modelo conceitual (Figura 4), que ilustra a transição de processos físicos para camadas de inteligência digital, onde o fluxo de dados alimenta a autonomia do sistema. Os casos estudados validam cada etapa desse modelo, demonstrando que a integração de sistemas ciberfísicos e a conectividade em tempo real são a espinha dorsal para que a logística automotiva deixe de ser apenas um suporte e se torne uma área de valor estratégico fundamental.

Com base na amostra final de 18 artigos científicos selecionados para esta revisão sistemática, procedeu-se à análise individual dos processos logísticos identificados, utilizando como diretriz a taxonomia fundamental proposta por Liao *et al.* (2017). A distribuição

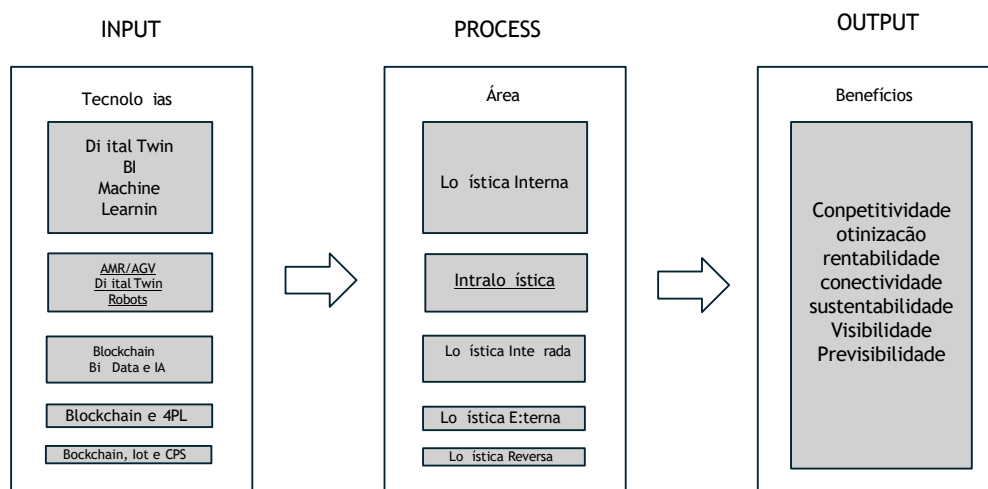
percentual dos estudos revela uma concentração significativa em atividades internas, refletindo a priorização da digitalização de processos operacionais no setor automotivo atual.

A classificação dos processos por área de aplicação apresentou os seguintes resultados:

- Logística Interna: 44% dos artigos (8 estudos), consolidando-se como o foco principal das pesquisas em Indústria 4.0;
- Intralogística: 22% dos artigos, com ênfase em sistemas automatizados de movimentação e fluxos de materiais;
- Logística Integrada: 17% dos estudos, que abordam a sincronização da cadeia de suprimentos ponta a ponta;
- Logística Externa: 11% da amostra, focada na distribuição de veículos acabados;
- Logística Reversa: 6% dos artigos, configurando-se como uma área estratégica emergente voltada à sustentabilidade.

Neste modelo conceitual, os inputs (tecnologias da Indústria 4.0) são distribuídos proporcionalmente a cada classificação, atendendo às necessidades específicas de cada processo. Em contrapartida, os benefícios (*outputs*) são analisados de forma sistêmica e transversal. Compreende-se que as vantagens operacionais, estratégicas e econômicas são interconectadas, ao considerar a implementação tecnológica em um processo específico gera efeitos sinérgicos que coincidem e se estendem por toda a cadeia de suprimentos, impossibilitando uma segmentação isolada dos ganhos de eficiência.

Figura 4 -Modelo conceitual



Fonte: Elaboração própria, 2026

O modelo conceitual proposto nesta pesquisa consolida-se como uma representação estruturada das interdependências entre as tecnologias emergentes e os respectivos desempenhos operacionais no setor automotivo. Sua função primordial é sistematizar o pensamento crítico deste estudo, servindo como um mapa teórico que orienta a compreensão da transição digital sob uma perspectiva aplicada.

Fundamentado no referencial teórico e na análise do *corpus* de literatura selecionado, o modelo transcende abordagens genéricas ao adotar uma arquitetura baseada na lógica de Fluxo de Valor. Essa estrutura permite correlacionar, de maneira direta, as variáveis tecnológicas (entradas) às atividades logísticas específicas (processos), resultando na mensuração de ganhos estratégicos e operacionais (saídas) detalhados a seguir.

A camada de entrada (input) do modelo é composta pelas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, que não devem ser vistas como ferramentas isoladas, mas como um ecossistema integrado. Nesta estrutura, a conectividade e rastreabilidade (IoT e *Blockchain*) atuam como a espinha dorsal, fornecendo dados em tempo real. Sobre esta base, as tecnologias de automação e robótica (AGV e AMR) realizam a execução física, enquanto a camada de inteligência e virtualização (*Digital Twin* e *Artificial Intelligence*) processa o conhecimento. Essa tríade tecnológica é o insumo fundamental que permite a transição da logística interna convencional para a Intralogística digitalizada.

O modelo conceitual direciona esses inputs para áreas específicas da cadeia de valor automotiva, transformando processos tradicionais em fluxos inteligentes, detalhados a seguir.

Logística interna: Através do uso de *Blockchain* e *Big Data*, o processo de recebimento deixa de ser reativo e passa a ser preditivo. A tecnologia permite a sincronização exata com os fornecedores, garantindo que o fluxo de materiais esteja alinhado com as flutuações da demanda de produção.

Intralogística: É onde ocorre a maior densidade de transformações. O modelo demonstra que a integração de AMRs e *Digital Twins* permite que a linha de montagem opere em um regime de alta complexidade (como na produção mista de veículos elétricos e a combustão). A simulação de eventos discretos atua na eliminação de gargalos físicos e na otimização do layout, garantindo fluidez na movimentação de componentes.

Logística externa: A transição para estruturas 4PL (*Fourth-Party Logistics*), apoiada por algoritmos de IA, otimiza o transbordo e a entrega final. O modelo conceitual aponta que a tecnologia aqui serve para reduzir o lead time entre a finalização do veículo e a entrega ao cliente.

Logística Reversa: Neste fluxo, o modelo integra IoT e Sistemas de Rastreabilidade para gerir o ciclo de vida de ativos e embalagens retornáveis. O processamento dessas informações viabiliza a economia circular e a conformidade ambiental, transformando o retorno de materiais em um processo estratégico de recuperação de valor.

A entrega final do modelo — o *output* — é a materialização dos benefícios específicos obtidos através das tecnologias aplicadas. O modelo conceitual estrutura esses ganhos em quatro dimensões essenciais para a competitividade industrial:

- Dimensão Operacional (Otimização): Resulta em processos com menor tempo de ciclo e maior produtividade. A aplicação de AMRs, por exemplo, gera o benefício direto da redução de movimentações manuais redundantes.
- Dimensão Decisória (Previsibilidade): Através da Visibilidade gerada por sensores IoT e IA, o gestor deixa de trabalhar com incertezas. A principal entrega neste âmbito é o suporte à decisão baseada em dados reais, permitindo ajustes rápidos em cenários de crise.
- Dimensão Econômica (Rentabilidade): A convergência tecnológica reduz desperdícios e custos de estoque, otimizando o retorno sobre os ativos fixos da companhia.
- Dimensão Estratégica (Competitividade): Ao integrar todas as fases, a organização atinge um nível de agilidade que a posiciona de forma superior no mercado global, respondendo com rapidez às mudanças tecnológicas do setor.

Em última análise, a adoção das tecnologias da Indústria 4.0 configura-se não apenas como uma alternativa estratégica, mas como um requisito fundamental para a competitividade em um cenário de transformação da economia global. Observa-se uma mudança de paradigma, na qual o desempenho das organizações industriais passa a depender, de forma crescente, de sua capacidade de digitalização, integração de sistemas e resposta ágil às dinâmicas do mercado. Nesse contexto, a incorporação dessas tecnologias nos processos logísticos representa um vetor crítico para a obtenção de ganhos em eficiência, visibilidade e coordenação ao longo da cadeia de suprimentos. Trata-se de uma transição estrutural que redefine os modelos operacionais, contribuindo para a consolidação de sistemas logísticos mais inteligentes, sustentáveis e resilientes frente às incertezas e complexidades do ambiente contemporâneo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa buscou analisar a integração das tecnologias da Indústria 4.0 no contexto logístico automotivo, investigando como a digitalização transforma os fluxos de materiais e informações. Ao longo do estudo, foi possível atingir o objetivo geral de analisar a aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 nos processos logísticos da indústria automotiva, identificando seus principais impactos, benefícios e tendências de utilização.

A síntese dos resultados demonstra que o impacto das tecnologias 4.0 é complexo e estrutural. Por exemplo, a aplicação de *Digital Twins* e simulações avançadas permitiu a resolução de problemas complexos de congestionamento em linhas de montagem, enquanto o uso de *Blockchain* fortaleceu a confiança e a transparência em redes de fornecedores globais. Além disso, a automação por meio de robótica móvel (AGVs e AMRs) provou ser uma solução eficaz para a atenuação de erros humanos e custos com mão de obra, apresentando retorno financeiro.

Ante o exposto, responde-se à questão norteadora da pesquisa confirmando que o impacto das tecnologias 4.0 nos processos logísticos automotivos é positivo e disruptivo, atuando como um integrador sistêmico elevando a performance global.

Além dos benefícios, o estudo identificou fragilidades, como o alto valor de investimento inicial exigido por certas infraestruturas digitais, o que pode restringir a adoção em massa por empresas de menor porte, além da necessidade de mão de obra altamente especializada.

Apesar das contribuições deste estudo para a sistematização do conhecimento sobre a aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 nos processos logísticos da indústria automotiva, algumas limitações devem ser reconhecidas. Primeiramente, por se tratar de uma revisão sistemática da literatura, os resultados estão condicionados às bases de dados selecionadas, aos critérios de busca e filtragem adotados e à disponibilidade de acesso aos estudos completos, o que pode restringir a abrangência e diversidade das evidências analisadas. Além disso, observa-se que a literatura investigada apresenta predominância de abordagens voltadas aos benefícios da digitalização, não explorando de forma aprofundada os impactos negativos associados à adoção dessas tecnologias, como elevados custos de implementação, complexidade de integração de sistemas, riscos relacionados à segurança da informação e desafios na capacitação da força de trabalho. Nesse sentido, pesquisas futuras podem avançar por meio de estudos empíricos que analisem, de maneira mais equilibrada, os efeitos positivos e as externalidades negativas da Indústria 4.0 nos processos logísticos. Adicionalmente, recomenda-se a validação empírica do modelo conceitual proposto, bem como a realização de investigações em diferentes

contextos industriais e geográficos, a fim de ampliar a robustez teórica e a aplicabilidade prática dos achados.

Do ponto de vista acadêmico, este estudo contribui para o avanço da literatura ao sistematizar, de forma estruturada, as evidências sobre a aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 nos processos logísticos da indústria automotiva. Ao integrar diferentes abordagens presentes nos estudos analisados, a pesquisa permite identificar padrões, convergências e lacunas, contribuindo para a consolidação conceitual do campo de Logística 4.0 e *Supply Chain* 4.0. Ademais, a proposição de um modelo conceitual representa uma contribuição teórica relevante, ao organizar e relacionar as principais tecnologias, processos logísticos e benefícios identificados, oferecendo uma base analítica que pode orientar futuras investigações e aprofundamentos científicos sobre o tema.

Sob a perspectiva prática, os resultados deste estudo fornecem subsídios importantes para gestores e profissionais da área logística, ao evidenciar como diferentes tecnologias da Indústria 4.0 podem ser aplicadas para otimizar processos e melhorar o desempenho operacional. A identificação dos principais benefícios, como aumento da rastreabilidade, redução de custos, maior eficiência e capacidade preditiva, pode apoiar a tomada de decisão estratégica em iniciativas de transformação digital. Além disso, o modelo conceitual proposto pode ser utilizado como uma ferramenta de apoio para orientar a priorização e a implementação de tecnologias em ambientes industriais, especialmente no setor automotivo, contribuindo para o desenvolvimento de operações logísticas mais integradas, ágeis e orientadas por dados.

Diante do exposto, conclui-se que as tecnologias da Indústria 4.0 desempenham um papel central na transformação dos processos logísticos da indústria automotiva, promovendo avanços significativos em termos de eficiência, integração e competitividade. A transição para modelos logísticos digitalizados e inteligentes evidencia uma mudança estrutural na forma como as operações são planejadas e executadas, reforçando a importância da adoção estratégica dessas tecnologias em um ambiente cada vez mais dinâmico e orientado por dados. Assim, este estudo contribui para ampliar a compreensão sobre esse fenômeno, ao mesmo tempo em que sinaliza caminhos para o desenvolvimento de pesquisas futuras e para a evolução das práticas logísticas no contexto da Indústria 4.0.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, Tobias et al. **Leveraging Digital Technologies in Logistics 4.0: Insights on Affordances from Intralogistics Processes**. *Information Systems Frontiers*, v. 26, p. 755–774, 2024. DOI: 10.1007/s10796-023-10394-6.

AMR, M.; EZZAT, M.; KASSEM, S. **Logistics 4.0: definition and historical background**. In: *Novel Intelligent and Leading Emerging Sciences Conference (NILES)*. IEEE, 2019.

BARRETO, L.; AMARAL, A.; PEREIRA, T. **Industry 4.0 implications in logistics: an overview**. *Procedia Manufacturing*, v. 13, p. 1245–1252, 2017.

BASHATAH, J. A.; ELNAGGAR, G. R. **Enhancing warehouse picking efficiency through integrated allocation and routing policies: a case study towards sustainable and smart warehousing**. *Applied Sciences*, v. 15, n. 20, 2025. DOI: 10.3390/app152011186.

BIGLIARDI, B.; CASELLA, G.; BOTTANI, E. **Industry 4.0 in the logistics field: a bibliometric analysis**. *IET Collaborative Intelligent Manufacturing*, v. 3, n. 1, p. 4–12,

BONALDO, M. G. **Fatores críticos de sucesso na operação de serviço de mobilidade compartilhada: estudo de caso do serviço de car-sharing**. Tese (Doutor em Tecnologia e Sociedade). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2021.

CHANG, Ha-Joon. **Chutando a Escada: A Estratégia do Desenvolvimento Em Perspectiva Histórica**. São Paulo: Editora UNESP, 2004.

DÖNER, Hülya *et al.* **Logistics operations management in the Industry 4.0 era: a case study for transition of an automotive company's operations to fourth party logistics structure**. *Transport*, v. 40, n. 3, p. 280–296, 2025. DOI: 10.3846/transport.2025.22869.

FIDLEROVÁ, H.; KUKA, M.; ADAMCZAK, M. **Innovative solutions for warehouse logistics: improving efficiency with RFID and IoT integration**. *Acta Logistica*, v. 12, n. 1, p. 137–145, 2025. DOI: 10.22306/al.v12i1.603.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. **REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA: CONCEITUAÇÃO, PRODUÇÃO E PUBLICAÇÃO**. *Logeion: Filosofia da Informação*, Rio de Janeiro, RJ, v. 6, n. 1, p. 57–73, 2019.

GONSALVES, E. P. **Iniciação à pesquisa científica**. 3. ed. Campinas: Alínea, 2003.

HO, G. T. S. *et al.* **Integrated reinforcement learning of automated guided vehicles dynamic path planning for smart logistics and operations**. *Transportation Research Part E*, v. 196, 2025. DOI: 10.1016/j.tre.2025.104008.

LIAO, Yongxin *et al.* **Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal**. *International Journal of Production Research*, V. 55, n. 5, p. 1297-1313, 2017. DOI: 10.1080/00207543.2017.1308576. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>. Acesso em: 23 mar. 2026.

MEHRJOO, Saeed; BASHIRI, Mahdi. **An application of principal component analysis and logistic regression to facilitate production scheduling decision support system: an automotive industry case.** Journal of Industrial Engineering International, v. 9, n. 14, p. 1–12, 2013. DOI: 10.1186/2251-712X-9-14.

MOHER, D. et al. **Preferred reporting items for systematic review and metaanalysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement.** Systematic reviews, v. 4, n. 1, 2015.

PIZOŃ, Jakub; WÓJCIK, Lukasz; GOLLA, Arkadiusz; KAŃSKI, Lukasz; NIELSEN, Izabela. **Autonomous Mobile Robots in Automotive Remanufacturing: A Case Study for Intra Logistics Support.** Advances in Science and Technology Research Journal, v. 18, n. 1, p. 213–230, 2024. DOI: 10.12913/22998624/177398.

ROSTEK, Katarzyna. **Logistics processes in production engineering: modeling of complex production and reverse logistics relations.** Production Engineering Archives, v. 28, n. 2, p. 308–318, 2022.

SHARMA, Jyoti. **Industry 4.0 effects Logistics 4.0.** Newcastle (UK): Institute of Supply Chain Management, 2018. Disponível em: <https://www.ioscm.com/blog/industry-4-0-effects-logistics-4-0/>. Acesso em: 16 out. 2023.

SILVA, Ricardo Moreira da; FREDERICO, Guilherme Francisco; GARZA-REYES, Jose Arturo. **Logistics Service Providers and Industry 4.0: A Systematic Literature Review.** Logistics, v. 7, n. 1, p. 11, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2305-6290/7/1/11>. Acesso em: 17 out. 2023.

SROKA, Zbigniew *et al.* **Development of the rear axle manufacturing process based on robotized welding and simulation techniques.** Advances in Manufacturing Science, v. 12, n. 1, p. 1–30, 2024.

TAVEIRA, K. V. M. *et al.* **Diagnostic validity of methods for assessment of swallowing sounds: a systematic review.** Brazilian journal of otorhinolaryngology, v.84, n. 5, p. 638-652, 2018.

TIGRE, Paulo B. **O papel da política tecnológica na promoção das exportações.** Rio de Janeiro: BNDES, 2002.

VORWERK, Tim; TROJAHN, Matthias. **Proactive transshipment strategies for prototype logistics based on neural networks and mathematical optimization.** Journal of Logistics Engineering, v. 45, n. 2, p. 1–20, 2024.

APÊNDICES

Apêndice A - checklist das recomendações do PRISMA

SELEÇÃO	#	ITEM CHECKLIST
TÍTULO		
Título	1	LOGÍSTICA 4.0 NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
RESUMO		
Sumário estruturado	2	Tese: Qual o impacto das tecnologias da Indústria 4.0 nos processos logísticos da indústria automotiva? Fontes de dados: Revisão bibliográfica; Métodos: Revisão sistemática da literatura; Implicações: Identificação na literatura.
INTRODUÇÃO		
Justificativa	3	Lacuna de pesquisa: Faz-se relevante analisar o uso das tecnologias 4.0 em indústrias automotivas (POPA et al., 2024).
Objetivos e perguntas norteadoras	4	Pergunta norteadora: Qual o impacto das tecnologias da Indústria 4.0 nos processos logísticos da indústria automotiva? Objetivo: Analisar a aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 nos processos logísticos da indústria automotiva, identificando seus principais impactos, benefícios e tendências de utilização.
MÉTODOS		
Protocolo e registro	5	Sem registro (não foram encontrados suporte à RSL para essa temática)
Critérios de elegibilidade	6	Critério para varredura nas bases e seleção dos estudos: Recorte temporal dos primeiros anos que surgiram publicações a respeito até o ano atual da pesquisa (2011-2026); Idiomas: inglês; Tipos de periódicos: artigos.
Fontes de informações	7	Bases científicas selecionadas: Scopus e Web of Science Recorte temporal: 2011 a 2026. Última pesquisa: março de 2026.
Busca	8	Exemplo de estratégias de busca usadas em pelo menos uma base de dados que possa ser replicada: Scopus – Advanced Search. Find articles with these terms: “Industry 4.0” AND “Logistic” AND “Automotive Industry”. Years: 2011-2026.

Seleção dos estudos	9	Triagem - Leitura dos elementos: Título, Palavras-chave e Resumo: Eliminação de referências sem alinhamento com o objetivo da pesquisa; Referências incompletas; Palavras-chave da busca que apareceram no título ou resumo, mas não eram o foco do artigo (sem alinhamento com os objetivos da pesquisa); Termos utilizados com outro sentido; sem acesso às informações do resumo e principalmente o artigo completo.
Processo de coleta de dados	10	Busca nas 2 bases de dados, utilizando as combinações propostas e termos isolados, com eliminação das duplicações utilizando o Excel
Lista dos dados	11	111 referências encontradas após a segunda varredura das bases de dados.
Risco de viés em cada estudo	12	Não aplicável
Medidas de sumarização	13	Não aplicável
Síntese dos resultados da meta análise	14	Não aplicável
Risco de viés entre estudos	15	Não aplicável
Análises adicionais	16	Não aplicável
RESULTADOS		
Seleção de estudos	17	Estudos que apresentam alinhamento com a pesquisa
Características dos estudos	18	Estudos que apresentam alinhamento com a pesquisa
Risco de viés em cada estudo	19	Não aplicável
Resultados de estudos individuais	20	Não aplicável
Síntese dos resultados	21	18 referências selecionadas para o corpus dinâmico
Risco de viés entre estudos	22	Não aplicável
Análises adicionais	23	Não aplicável
DISCUSSÃO		
Sumário da evidência	24	Não aplicável
Limitações	25	Não aplicável
Conclusões	26	Referências selecionadas para construir as discussões desta pesquisa.
Financiamento	27	Não aplicável

