XXXIII Congresso Brasileiro de Custos
17, 18 e 19 de novembro de 2026
- Porto de Galinhas / PE -

Avanços na Mensuração de Custos industriais Através de Inteligência Artificial: Um Estudo Bibliométrico

Laura Santana de França (UFPB) - laura80432@gmail.com

Matheus Cunha de Almeida (UFBA) - matheus.almeida@academico.ufpb.br

Maria Silene Alexandre Leite (UFPB) - maria.silene@academico.ufpb.br

Resumo:

O acelerado avanço da Inteligência Artificial (IA) tem reconfigurado a mensuração e o controle de custos industriais, embora a literatura científica sobre o tema permaneça dispersa entre diferentes domínios e setores. O objetivo deste artigo é mapear o panorama científico, os indicadores de desempenho e a estrutura conceitual das pesquisas que aplicam a IA à gestão de custos industriais. Para isso, adotou-se uma abordagem bibliométrica integrada, orientada pelo protocolo PRISMA 2020, utilizando os softwares VOSviewer e Bibliometrix (Biblioshine) para análise de redes e indicadores quantitativos. Os resultados indicam uma expansão acelerada das publicações nos anos recentes. A análise de coocorrência de palavras-chave revelou a organização do conhecimento em quatro eixos temáticos centrais: gestão de projetos e riscos integrados à modelagem BIM; modelagem preditiva baseada em redes neurais e aprendizagem de máquina; otimização de processos operacionais combinada ao custo do ciclo de vida e metas de sustentabilidade; e contabilidade estratégica aliada à tecnologia blockchain na cadeia de suprimentos. Identificou-se, contudo, uma lacuna crítica de pesquisa quanto à concentração setorial, com acentuada predominância na Construção Civil e no setor de Energia, em detrimento de uma escassez de investigações voltadas à manufatura industrial em geral, como a indústria têxtil, automobilística e de bens de consumo. Conclui-se que a IA reconfigura a tomada de decisão orçamentária, recomendando-se para estudos futuros a realização de pesquisas empíricas nesses setores industriais sub-representados.

Palavras-chave: *Inteligência Artificial; Gestão de Custos; Análise Bibliométrica; Custos Industriais.*

Área temática: *Tecnologia e gestão de custos*

Avanços na Mensuração de Custos industriais Através de Inteligência Artificial: Um Estudo Bibliométrico

RESUMO

O acelerado avanço da Inteligência Artificial (IA) tem reconfigurado a mensuração e o controle de custos industriais, embora a literatura científica sobre o tema permaneça dispersa entre diferentes domínios e setores. O objetivo deste artigo é mapear o panorama científico, os indicadores de desempenho e a estrutura conceitual das pesquisas que aplicam a IA à gestão de custos industriais. Para isso, adotou-se uma abordagem bibliométrica integrada, orientada pelo protocolo PRISMA 2020, utilizando os softwares *VOSviewer* e *Bibliometrix (Biblioshine)* para análise de redes e indicadores quantitativos. Os resultados indicam uma expansão acelerada das publicações nos anos recentes. A análise de *coocorrência* de palavras-chave revelou a organização do conhecimento em quatro eixos temáticos centrais: gestão de projetos e riscos integrados à modelagem BIM; modelagem preditiva baseada em redes neurais e aprendizagem de máquina; otimização de processos operacionais combinada ao custo do ciclo de vida e metas de sustentabilidade; e contabilidade estratégica aliada à tecnologia blockchain na cadeia de suprimentos. Identificou-se, contudo, uma lacuna crítica de pesquisa quanto à concentração setorial, com acentuada predominância na Construção Civil e no setor de Energia, em detrimento de uma escassez de investigações voltadas à manufatura industrial em geral, como a indústria têxtil, automobilística e de bens de consumo. Conclui-se que a IA reconfigura a tomada de decisão orçamentária, recomendando-se para estudos futuros a realização de pesquisas empíricas nesses setores industriais sub-representados.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Gestão de Custos; Análise Bibliométrica; Custos Industriais.

Área Temática: Tecnologia e transformação digital em custos.

1 INTRODUÇÃO

Em um cenário de mercados globais hipercompetitivos e margens operacionais crescentemente pressionadas, a gestão estratégica de custos consolidou-se como um pilar essencial para a sustentabilidade e a competitividade das organizações industriais (Adel, 2022; Smith, 2022). Historicamente pautada em sistemas contábeis tradicionais e revisões orçamentárias periódicas, a mensuração de custos tem enfrentado limitações metodológicas em ambientes produtivos marcados por elevada volatilidade, dinamicidade e fluxos contínuos de dados (Maesano et al., 2020; Bang & Olsson, 2022). Diante dessa realidade, a emergência da Indústria 4.0 e a aceleração da transformação digital impulsionaram a adoção de tecnologias disruptivas, entre as quais a Inteligência Artificial (IA) se destaca como vetor central de inovação na contabilidade gerencial e na engenharia de custos (Wu, 2024; Gao et al., 2026; Ye et al., 2026).

A aplicação de abordagens de inteligência computacional, englobando Aprendizagem de Máquina (*Machine Learning*), Redes Neurais Artificiais, Algoritmos Genéticos e Modelagem Preditiva, tem reconfigurado radicalmente o ciclo de planejamento, estimativa e controle financeiro (Ivanova, 2023; Yeşil, 2025; Zubair et

al., 2024). Tais ferramentas permitem transitar de modelos de custeio reativos e históricos para abordagens preditivas e prescritivas, capazes de estimar desvios orçamentários (*cost overruns*) em tempo real (Shamim et al., 2025; Jafary et al., 2026), simular o custo do ciclo de vida útil (*Life Cycle Costing* - LCC) de ativos (Avogaro et al., 2025; Al-Sakkari et al., 2024) e integrar dados de engenharia a sistemas de governança em redes de suprimentos (Zheng & Zhang, 2025; Antoniuk et al., 2025).

A despeito da crescente relevância do tema, a literatura científica que articula a Inteligência Artificial à gestão de custos industriais apresenta-se de forma altamente fragmentada e dispersa em múltiplos domínios do conhecimento, variando desde a engenharia de computação até a pesquisa operacional, energia e gestão de infraestrutura (Clemens, 2024; Hanafy et al., 2025; Okonkwo et al., 2025; Serugga, 2025). Essa dispersão gera lacunas na compreensão sistemática sobre a evolução temporal do campo, os principais veículos publicadores, a representatividade das vertentes temáticas e, sobretudo, a aderência prática dessas soluções aos diferentes setores da economia (Faisal et al., 2026; Sadikoglu, 2026).

Diante desse contexto, delineia-se a seguinte questão de pesquisa: Quais são as características quantitativas, as estruturas conceituais e os padrões de distribuição setorial da literatura científica global sobre a aplicação da Inteligência Artificial na mensuração de custos industriais? Para responder a este problema, o presente estudo tem como objetivo geral mapear o panorama científico, os indicadores de desempenho bibliométrico e a estrutura conceitual das pesquisas sobre IA e custos industriais no período de 2020 a 2026. Especificamente, busca-se: (i) examinar a trajetória temporal das publicações e o seu impacto acadêmico; (ii) identificar a distribuição setorial das investigações; (iii) mapear o impacto das obras e redes de colaboração; e (iv) delimitar os eixos temáticos e as lacunas de pesquisa existentes na literatura.

A justificativa e relevância teórica do estudo fundamentam-se na necessidade de consolidar um acervo científico em rápida expansão, fornecendo uma taxonomia que organize as correntes teóricas de um campo emergente. Sob o ponto de vista prático e gerencial, esta pesquisa oferece a controladores, engenheiros de custos e gestores industriais um mapa claro das tecnologias de IA validadas para a mitigação de riscos orçamentários, evidenciando setores de vanguarda (Zhang et al., 2026) e destacando áreas sub-representadas, como a manufatura tradicional, biorrefinarias (Pusuluru et al., 2026), planejamento industrial sustentável (Tamtam et al., 2025) e a indústria têxtil que demandam atenção futura.

Para alcançar os objetivos propostos, estruturou-se uma revisão bibliométrica orientada pelos preceitos do protocolo PRISMA 2020, utilizando as ferramentas *VOSviewer* e *Bibliometrix* (*Biblioshine*) para o processamento de indicadores de rede e desempenho. Além desta introdução, o artigo divide-se em mais quatro seções: os procedimentos metodológicos empregados; os resultados e discussões (abrangendo a análise bibliométrica e conceitual); a identificação de lacunas; e as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gestão Estratégica de Custos e Engenharia de Custos Industriais

A mensuração de custos industriais desempenha um papel determinante na formulação de estratégias corporativas, na manutenção do valor acionário e na preservação da rentabilidade operacional (Adel, 2022; Smith, 2022). No entanto, as metodologias contábeis convencionais, a exemplo do custeio por absorção e do

custeio baseado em atividades (ABC), apresentam fragilidades estruturais quando aplicadas a ecossistemas produtivos dinâmicos, caracterizados por alta volatilidade de insumos e fluxos contínuos de dados não estruturados (Maesano et al., 2020). Para superar a rigidez dos demonstrativos históricos, a engenharia de custos moderna incorporou preceitos de modelagem financeira dinâmica. Essa abordagem abrange a avaliação integrada do Custo do Ciclo de Vida Útil (*Life Cycle Costing - LCC*), simulações orçamentárias preditivas e o gerenciamento proativo das incertezas operacionais desde as etapas preliminares de projeto (Avogaro et al., 2025; Al-Sakkari et al., 2024).

2.2 Transformação Digital e Inteligência Artificial na Contabilidade Gerencial

No contexto da Indústria 4.0 e da transição para sistemas manufatureiros inteligentes, a arquitetura da contabilidade gerencial passa por uma profunda reformulação orientada pela computação avançada (Wu, 2024; Gao et al., 2026). A aplicação de Inteligência Artificial (IA) possibilita a transição de um controle financeiro eminentemente reativo para um modelo analítico preditivo e prescritivo, capaz de identificar padrões ocultos em grandes volumes de dados operacionais (Ivanova, 2023; Yeşil, 2025). O emprego de algoritmos de Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*), Redes Neurais Artificiais, Algoritmos Genéticos e Árvores de Decisão fornece suporte quantitativo para o dimensionamento preciso de contingências financeiras, minimizando o risco de estouro orçamentário (*cost overrun*) em projetos de grande porte e automatizando processos complexos de auditoria e controle (Shamim et al., 2025; Jafary et al., 2026).

3 METODOLOGIA

A condução da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e da análise bibliométrica seguiu as recomendações do *protocolo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), garantindo a reprodutibilidade, transparência e rigor metodológico no processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos (Page et al., 2021).

A coleta primária de dados foi realizada nas bases *Scopus* e *Web of Science*, escolhidas por sua abrangência e relevância científica nas áreas de engenharia, gestão e tecnologia (Pranckutė, 2021). A construção da *string* de busca ancorou-se na intersecção de dois eixos conceituais centrais: "Inteligência Artificial" e "Custos Industriais". Após testes preliminares para calibração do alcance e precisão da amostragem, definiu-se a seguinte *string* de busca final:

(("artificial intelligence" OR "AI") AND ("cost accounting" OR "cost management" OR "cost estimation" OR "cost control" OR "industrial costing") AND ("industry" OR "manufacturing" OR "production" OR "industrial sector")).

A aplicação da estratégia de busca inicial resultou em 133 documentos na Scopus e 49 na *Web of Science*. Na etapa de triagem inicial, aplicaram-se filtros por tipo de documento (apenas artigos originais e de revisão em periódicos), reduzindo a amostra para 68 trabalhos na *Scopus* (52 artigos e 16 revisões) e 41 na *Web of Science* (34 artigos e 7 revisões).

Após a remoção das duplicatas via gerenciador de referências Zotero e a avaliação de elegibilidade mediante a leitura criteriosa de títulos e resumos, obteve-se um portfólio preliminar de artigos. Para complementar a amostragem e evitar a

omissão de trabalhos relevantes, aplicou-se a técnica de *Snowballing* regressivo *(Backward Snowballing)*, que consiste no exame sistemático das listas de referências dos artigos selecionados (Wohlin, 2014). Ao final deste processo de triagem e busca complementar, consolidou-se o portfólio final de 25 artigos para análise aprofundada.

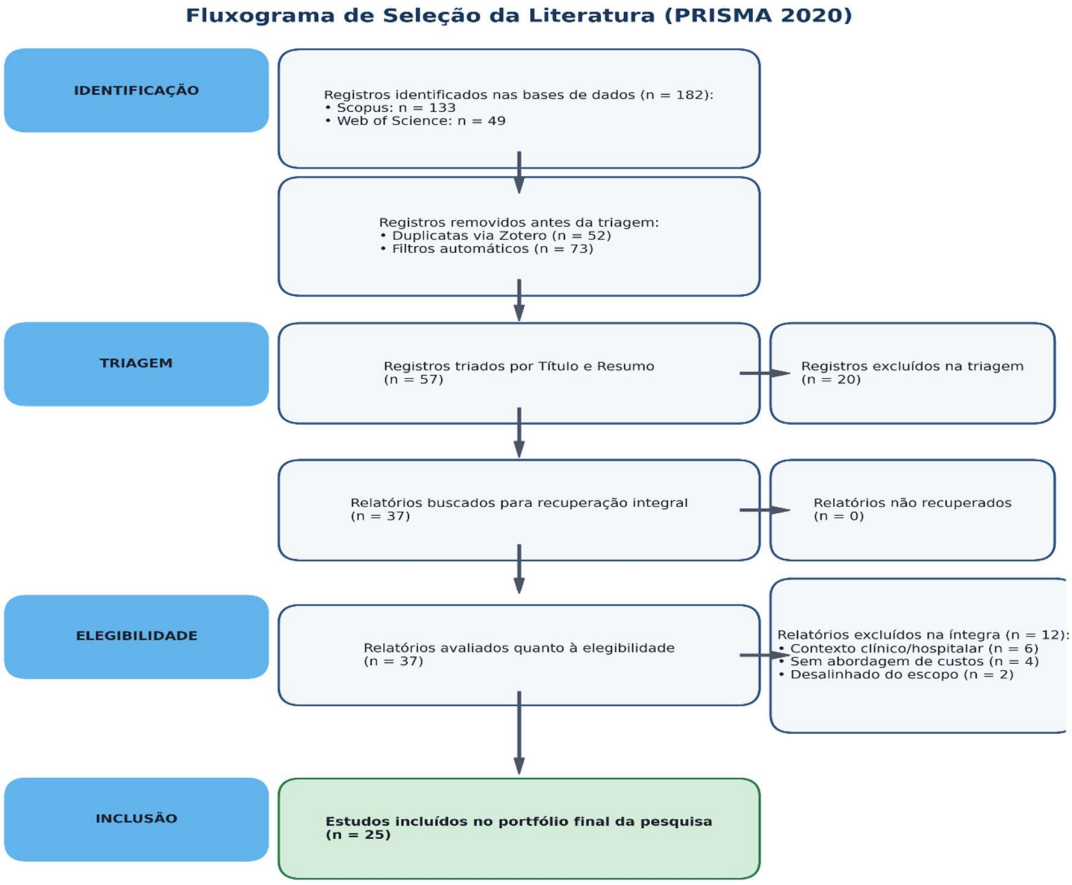


Figura 1. Fluxograma do processo de seleção dos artigos (Protocolo PRISMA 2020).
Fonte: Elaborado pelos autores

A definição do portfólio bibliográfico final fundamentou-se na aplicação rigorosa de critérios formais de inclusão e exclusão. Como critérios de inclusão, estabeleceu-se a obrigatoriedade de os trabalhos abordarem a aplicação direta de técnicas de Inteligência Artificial voltadas à estimativa, previsão, controle, mensuração, classificação ou otimização de custos industriais. Adicionalmente, exigiu-se a inserção dos estudos em ecossistemas produtivos e operacionais intensivos em processos e ativos, tais como manufatura, usinagem, construção civil, energia, petróleo e gás, agronegócio, redes elétricas, manutenção e logística, restringindo-se a seleção a artigos originais ou de revisão publicados em periódicos científicos revisados por pares. Por outro lado, foram adotados como critérios de exclusão estudos restritos a contextos clínicos, educacionais, sociais ou administrativos desprovidos de relação direta com processos produtivos, custos industriais, operações, ativos ou cadeias de suprimentos. Com o critério metodológico de filtragem, excluíram-se anais de conferências, capítulos de livros, editoriais, notas técnicas e publicações redigidas em idiomas diferentes do inglês

A etapa de análise bibliométrica e mapeamento de redes científicas foi delineada para quantificar o desempenho acadêmico, mapear as correntes teóricas e identificar a estrutura conceitual e intelectual da literatura selecionada. O procedimento metodológico desdobrou-se em três fases encadeadas: preparação de metadados, análise quantitativa de desempenho e mapeamento gráfico de redes bibliométricas.

Inicialmente, utilizou-se o gerenciador de referências *Zotero* para o tratamento preliminar dos metadados extraídos das bases *Scopus* e *Web of Science*. Esta fase envolveu a padronização das informações bibliográficas (como grafia de nomes de autores, termos de palavras-chave e nomes de periódicos), a catalogação das citações e a eliminação rigorosa dos registros duplicados obtidos na busca integrada. Os arquivos consolidados foram exportados nos formatos *BibTeX (.bib)* e *comma-separated values (.csv)* para subsidiar as análises computacionais posteriores. Na sequência, aplicaram-se duas ferramentas computacionais especializadas e complementares para o processamento dos dados:

Pacote *Bibliometrix* e sua interface gráfica *Biblioshine* (Linguagem R): Empregado para a extração de métricas quantitativas de desempenho e evolução da produção científica (Aria & Cuccurullo, 2017). Esta etapa permitiu mensurar:

Os indicadores quantitativos essenciais, compreendendo: i) indicadores de produção temporal, focados na taxa de crescimento anual das publicações e na distribuição do volume produtivo ao longo do tempo; ii) impacto de periódicos e autores, voltado à identificação das fontes mais relevantes por meio do Fator de Impacto e do *H-index*, além do levantamento dos autores mais produtivos e citados na área; e iii) mapeamento geográfico e institucional, englobando a distribuição da produção científica por países, a cooperação científica internacional e a filiação institucional dos pesquisadores.

O *Software VOSviewer*: Utilizado para a construção, visualização gráfica e exploração de redes bibliométricas de interconexão, aplicando algoritmos de normalização como a Força de Associação (*Association Strength*) para agrupamento de dados (van Eck & Waltman, 2010). A análise via *VOSviewer* centrou-se na coocorrência de palavras-chave, direcionada à identificação da estrutura conceitual e das expressões mais frequentes fornecidas pelos autores, o que permitiu a segmentação do portfólio em clusters temáticos representativos das principais frentes de investigação da Inteligência Artificial aplicada aos custos industriais

Ao integrar as métricas de desempenho quantitativo do *Bibliometrix* com o mapeamento visual do *VOSviewer*, garantiu-se uma abordagem metodológica robusta para contextualizar como as técnicas de Inteligência Artificial vêm sendo aplicadas e evoluindo no escopo da gestão e estimativa de custos industriais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados obtidos do mapeamento bibliométrico e da revisão da literatura. A análise estrutura-se, inicialmente, pela apresentação dos indicadores quantitativos de desempenho e evolução da produção científica extraídos pelo *Biblioshine* (Seção 4.1), seguida pela investigação da estrutura conceitual e dos clusters temáticos mapeados via *VOSviewer* (Seção 4.2).

4.1 Análise bibliométrica

Esta seção examina os indicadores quantitativos de desempenho bibliométrico extraídos via *Biblioshine*, mapeando a trajetória temporal das publicações, a aderência

aos setores industriais, a representatividade das obras e as interconexões entre veículos, autores e temáticas.

4.1.1 Evolução temporal das publicações e taxa de Citação



Figura 2. Evolução Anual da Produção Científica (2020-2026).
Fonte: Elaborado pelos autores

A análise da distribuição temporal revela que a produção científica sobre a aplicação da Inteligência Artificial na mensuração de custos industriais é um campo recente e em fase de expansão acelerada. Entre 2020 e 2023, a literatura apresentou um volume tímido e pontual de trabalhos. Contudo, a partir de 2024 observa-se um salto expressivo na produção, culminando em picos de publicação nos anos de 2025 (9 artigos) e 2026 (7 artigos).

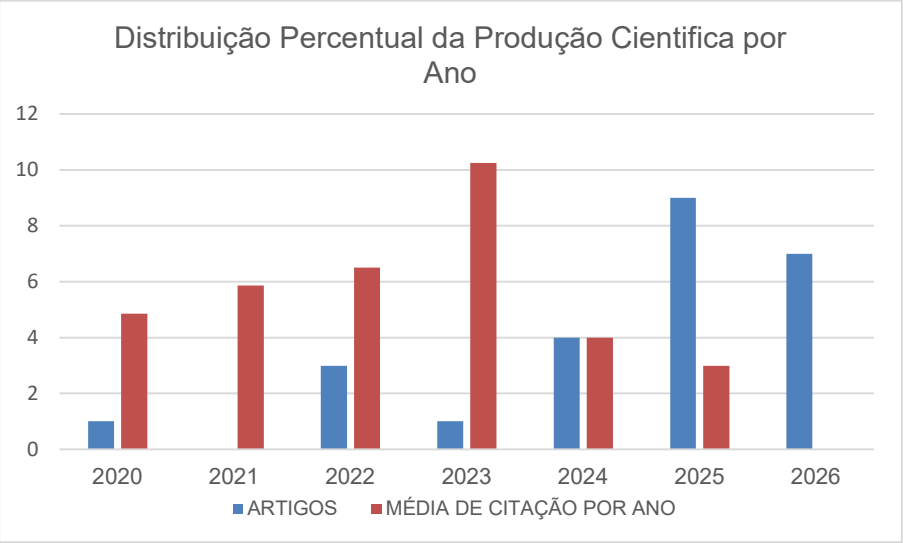


Figura 3. Relação entre Produção de Artigos e Média de Citações por Ano.
Fonte: Elaborado pelos autores

A análise conjunta da quantidade de artigos e do impacto acadêmico (Figura 3) indica que, embora a produção em volume tenha se concentrado nos anos mais recentes, os trabalhos publicados em 2022 e 2023 registraram as maiores médias de citação por ano (com destaque para o ano de 2023, que alcançou média de 10,2 citações/ano). Esse comportamento reflete o tempo necessário para que publicações pioneiras sejam absorvidas e citadas pela comunidade científica, enquanto o período de 2025–2026 representa a consolidação do tema como tendência de pesquisa.

4.1.2 Mapeamento e distribuição da literatura por setor industrial

A aplicabilidade das abordagens do portfólio demonstra uma forte concentração setorial em ambientes produtivos de alta complexidade orçamentária e intensivos em capital.

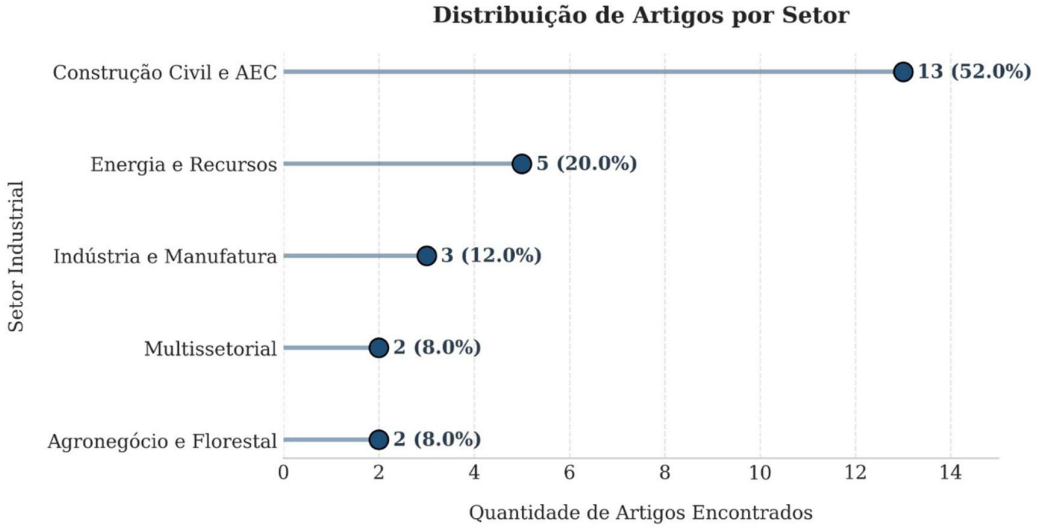


Figura 4. Distribuição Percentual dos Artigos por Setor Industrial.
Fonte: Elaborado pelos autores

Como evidenciado na Figura 4, o segmento de Construção Civil e AEC (*Architecture, Engineering, and Construction*) domina o campo de pesquisa, concentrando 52,0% da amostra (13 artigos). A preeminência desse setor justifica-se pelo elevado risco de desvios orçamentários (*cost overruns*) inerente a projetos de infraestrutura. O setor de Energia e Recursos aparece como a segunda maior área de aplicação, respondendo por 20,0% dos trabalhos (5 artigos), seguido pela Indústria e Manufatura tradicional, com 12,0% (3 artigos). Por fim, abordagens Multissetoriais e do ramo de Agronegócio e Florestal representam, cada uma, 8,0% do portfólio (2 artigos por setor).

4.1.3 Identificação e impacto das obras relevantes

O impacto científico individual dos artigos foi mensurado pela taxa de citação anual corrigida (*TC per Year*), métrica que neutraliza a vantagem temporal de trabalhos mais antigos.

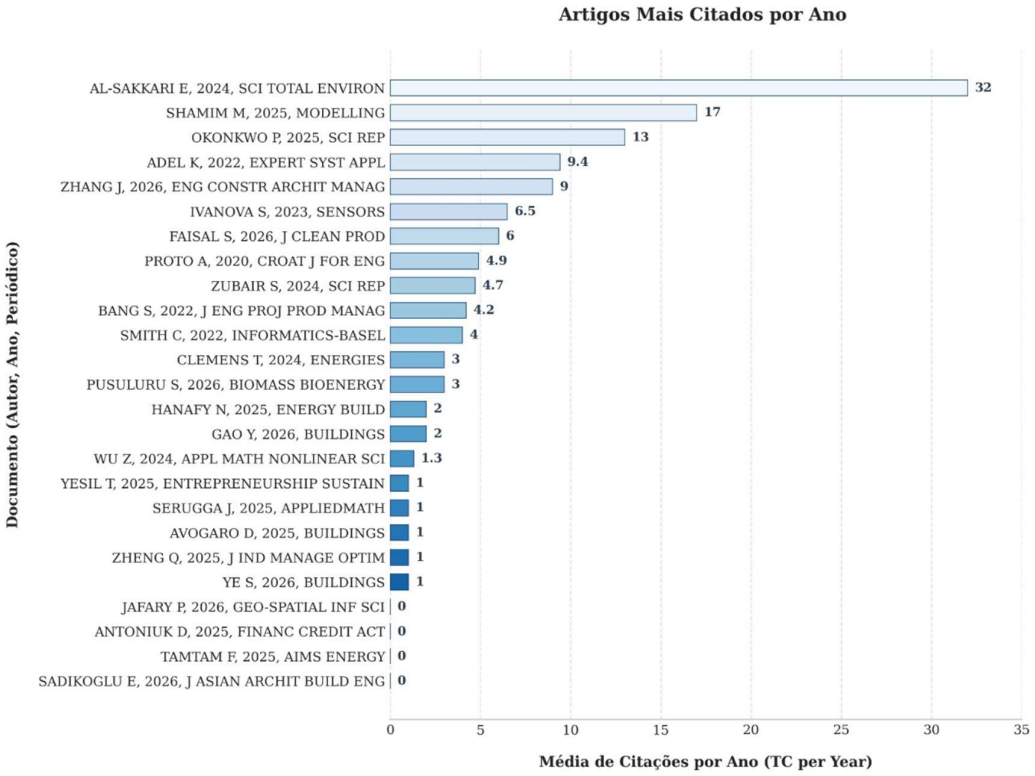


Figura 5. Ranking dos Artigos Mais Citados por Ano.
Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com o mapeamento (Figura 5), a obra de Al-Sakkari et al. (2024), publicada no periódico *Science of the Total Environment*, posiciona-se como a de maior impacto científico na amostra (32,0 citações/ano), investigando a otimização de custos e projeto em sistemas de captura de carbono. Na sequência, destacam-se os trabalhos de Shamim et al. (2025) na *Modelling* (17,0 citações/ano), voltado à estimativa de custos para gestão de projetos, e Okonkwo et al. (2025) na *Scientific Reports* (13,0 citações/ano), dedicado à infraestrutura de energia renovável. A presença marcante de artigos publicados a partir de 2024 no topo do ranking confirma a alta taxa de atração e relevância das investigações recentes sobre o tema.

4.1.4 Conexões entre periódicos, autores e eixos temáticos

A integração entre os vínculos de publicação, os pesquisadores de maior produção e os termos de indexação foi analisada por meio do Diagrama de Três Campos *(Three-Fields Plot),* apresentado na Figura 6. Este tipo de diagrama *Sankey* mapeia o fluxo de conhecimento ao conectar graficamente três variáveis bibliométricas distintas dispostas em colunas:

• Coluna da Esquerda (SO - *Source*): Representa os periódicos científicos (fontes de publicação) de maior relevância no portfólio analisado;

• Coluna Central (AU - *Author*): Identifica os principais autores e suas respectivas contribuições produtivas no acervo;

• Coluna da Direita (DE - *Author Keywords*): Reflete a estrutura temática a partir das palavras-chave mais utilizadas pelos autores para definir o escopo de suas pesquisas.

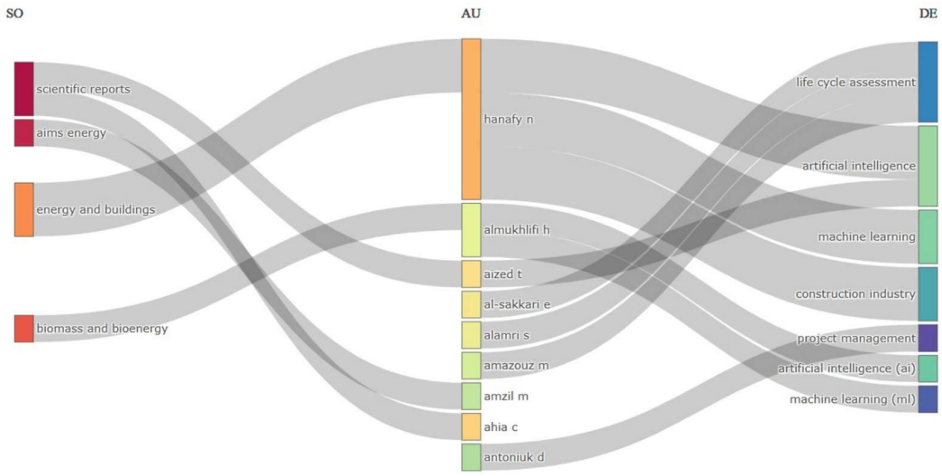


Figura 6. Diagrama dos Três Campos.
Fonte: Elaborado pelos autores

A análise do fluxo revela o protagonismo de alto impacto e a clara convergência entre autoria e temas aplicados. No âmbito dos periódicos (coluna SO), o Top 3 das fontes publicadoras é liderado por *Scientific Reports, Energy and Buildings e AIMS Energy*. Esses veículos concentram expressiva parcela da produção ao servirem como os principais canais de disseminação para autores prolíficos do portfólio, como Hanafy, N., Al-Sakkari, E. e Almukhlifi, H.

Analisando o Top 3 dos eixos temáticos (coluna DE) evidencia que as pesquisas convergem prioritariamente para a aplicação de *life cycle assessment*, *artificial intelligence e machine learning*. Os fluxos que conectam a coluna central (AU) à coluna da direita (DE) demonstram que os principais pesquisadores utilizam as abordagens de aprendizagem de máquina para resolver problemas práticos de engenharia de custos, articulando a modelagem algorítmica diretamente com a construção civil, a gestão de projetos e a avaliação do ciclo de vida útil e sustentabilidade.

4.2 Análise de rede

A análise de coocorrência de palavras-chave permitiu estruturar o campo de estudo sobre Inteligência Artificial aplicada aos custos industriais em quatro eixos temáticos complementares. A integração dos conceitos revela desde o desenvolvimento técnico de algoritmos até a implementação prática no gerenciamento orçamentário, controle operacional sustentável e tomada de decisão estratégica.

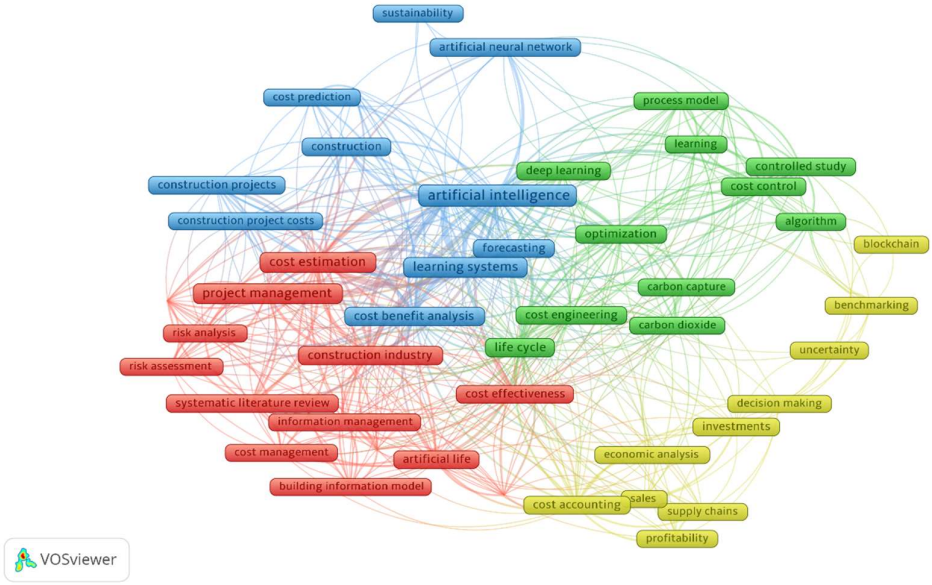


Figura 7. Analise de Rede

Fonte: Elaborado pelos autores

O mapeamento gerado no *VOSviewer* (Figura 7) revela a estrutura conceitual do campo de estudo, destacando o papel central de termos como "*artificial intelligence", "cost estimation" e "cost* management". As conexões entre os nós refletem o fluxo de conhecimento entre o desenvolvimento metodológico e a aplicação prática da IA em ambientes fabris e de engenharia. Para facilitar a compreensão da topologia da rede, a Quadro 1 apresenta a síntese dos quatro clusters mapeados, categorizados por cor e domínio temático.

Cor do Cluster	Domínio Temático Principal
Vermelho	Gestão de Projetos e Riscos na Construção
Azul	Modelagem Preditiva e Algoritmos de IA
Verde	Otimização Operacional e Sustentabilidade
Amarelo	Contabilidade Estratégica e Suporte à Tomada de Decisão

Quadro 1. Síntese dos Clusters Temáticos da Rede de *Coocorrência.*

Fonte: Elaborado pelos autores

A interpretação da rede revela que a literatura científica não aborda a Inteligência Artificial de forma isolada, mas sim como uma tecnologia integradora que reconfigura os processos tradicionais de gestão orçamentária ao longo do ciclo de vida dos ativos.

O cluster vermelho estabelece o domínio da gestão de projetos, estimativa de custos e análise de riscos em setores de infraestrutura e engenharia. A literatura desse agrupamento converge para o enfrentamento de um dos principais gargalos da engenharia: a imprevisibilidade e a predição de custos em empreendimentos complexos. A integração da IA com a tecnologia de Modelagem de Informação da Construção (BIM) consolida-se de forma promissora para a automação de orçamentos e para a identificação precoce de falhas de projeto (Ivanova, 2023; Bang & Olsson, 2022; Jafary et al., 2026). Ademais, a aplicação de modelos preditivos e algoritmos

generativos permite simular cenários de risco antes do início das obras, fornecendo estimativas de custos mais assertivas e dinâmicas (Shamim et al., 2025; Zhang et al., 2026; Antoniuk et al., 2025; Hanafy et al., 2025).

O cluster azul concentra os avanços na dimensão algorítmica e na modelagem preditiva aplicada aos custos. A transição dos métodos econométricos clássicos para arquiteturas de redes neurais artificiais e aprendizado de máquina viabilizou o tratamento de séries temporais não lineares e voláteis do mercado (Yeşil, 2025). Essa abordagem metodológica subsidia a criação de sistemas inteligentes de suporte à decisão, capazes de processar grandes volumes de dados operacionais e financeiros para realizar previsões de custos com alta precisão e avaliar a viabilidade econômica por meio de análises custo-benefício automatizadas (Sadikoglu, 2026; Smith, 2022).

O cluster verde abrange a otimização de processos produtivos, a engenharia de custos e a contabilidade ambiental. Nesse eixo, o uso de *deep learning* visa maximizar a eficiência operacional e minimizar desperdícios fabris em tempo real. A análise do custo do ciclo de vida (LCC) passa a ser combinada com métricas de sustentabilidade, como a captura e sequestro de carbono (CCUS) e a otimização techno-econômica de energias renováveis (Okonkwo et al., 2025; Al-Sakkari et al., 2024). Dessa forma, a IA atua na equalização entre a redução de custos de fabricação e o atingimento de metas de descarbonização e transição energética (Zubair et al., 2024; Faisal et al., 2026).

O cluster amarelo articula a contabilidade de custos estratégica, a avaliação de investimentos e a governança na cadeia de suprimentos. Este domínio evidencia como os dados gerados pelos modelos preditivos alimentam a tomada de decisão corporativa em cenários de alta incerteza econômica. A integração de algoritmos com a tecnologia *blockchain* fortalece a transparência, a rastreabilidade financeira e o controle de custos ao longo de redes de suprimentos complexas (Adel, 2022: Zhang & Jiang, 2026), garantindo maior rentabilidade e eficiência na alocação de capital.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo objetivou mapear o panorama científico, os indicadores de desempenho e a estrutura conceitual da literatura sobre a aplicação da Inteligência Artificial na mensuração e gestão de custos industriais, empregando uma abordagem bibliométrica integrada (*VOSviewer e Bibliometrix/Biblioshine*) pautada nas diretrizes do protocolo PRISMA 2020.

Os principais achados demonstram que o campo se encontra em rápida expansão, registrando uma aceleração nas publicações nos últimos anos. A análise de coocorrência de palavras-chave revelou que a literatura se estrutura em quatro grandes eixos temáticos: (i) a gestão orçamentária e de riscos integrada à modelagem BIM na construção civil; (ii) a modelagem preditiva baseada em redes neurais e *machine learning*; (iii) a otimização de processos fabris em tempo real associada ao custo do ciclo de vida (LCC) e metas de sustentabilidade; e (iv) a contabilidade estratégica e governança na cadeia de suprimentos suportada por tecnologias emergentes como *blockchain*.

Sob a perspectiva das implicações acadêmicas, esta pesquisa consolida um acervo teórico até então disperso, oferecendo uma taxonomia clara para o entendimento de como as técnicas de inteligência computacional reconfiguram a engenharia de custos. Em termos práticos e gerenciais, os resultados evidenciam que a adoção da IA proporciona maior assertividade na estimativa orçamentária, mitigação do estouro de custos (*cost overrun*) e suporte decisório proativo em setores intensivos em capital e infraestrutura, como a construção civil e a indústria de energia.

A literatura aponta que o empregamento da IA na gestão de custos ocorre de maneira heterogênea entre os setores produtivos. Setores intensivos em capital e com alta variabilidade de escopo, como a Construção Civil e o Setor de Energia, lideram a adoção de modelos preditivos e sistemas BIM (*Building Information Modeling*) integrados ao controle de custos (Okonkwo et al., 2025; Zhang et al., 2026). Simultaneamente, a convergência entre IA e outras tecnologias disruptivas, como a tecnologia *Blockchain*, tem fortalecido a governança, a rastreabilidade e a transparência financeira nas cadeias de suprimentos globais (Zheng & Zhang, 2025; Antoniuk et al., 2025). Contudo, a aplicação dessas ferramentas na manufatura industrial de bens de consumo permanece como uma fronteira em desenvolvimento (Pusuluru et al., 2026; Serugga, 2025).

Para investigações futuras, sugere-se a expansão de estudos empíricos direcionados, especificamente, aos setores industriais sub-representados, bem como o desenvolvimento de pesquisas acerca do retorno sobre o investimento (*Return on Investment – ROI*) da própria infraestrutura de IA implementada nesses ambientes fabris.

REFERÊNCIAS

Adel, K., Elhakeem, A., & Marzouk, M. (2022). Decentralizing construction AI applications using blockchain technology. Expert Systems with Applications, 194, 116548.

Al-Sakkari, E. G., Ragab, A., Dagdougui, H., Boffito, D. C., & Amazouz, M. (2024). Carbon capture, utilization and sequestration systems design and operation optimization: Assessment and perspectives of artificial intelligence opportunities. Science of The Total Environment, 917, 170085.

Antoniuk, D., Bikulov, D., Karpenko, A., Beisenova, L., & Polusmiak, Y. (2025). GENERATIVE AI IN PROJECT MANAGEMENT: ENHANCING EFFICIENCY AND FINANCIAL PERFORMANCE. Financial & Credit Activity: Problems of Theory & Practice, 6(65).

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of informetrics*, *11*(4), 959-975.

Avogaro, D., Cassandro, J., Dall'Anese, E., Dori, C., Farina, A., & Laurini, E. (2025). Mapping Cost Intersection Through LCC, BIM, and AI: A Systematic Literature Review for Future Opportunities. Buildings, 15(18), 3345.

Bang, S., & Olsson, N. (2022). Artificial Intelligence in Construction Projects: A Systematic Scoping Review. Journal of Engineering, Project & Production Management, 12(3).

Clemens, T., Chiotoroiu, M. M., Corso, A., Zechner, M., & Kochenderfer, M. J. (2024). Artificial intelligence-centric low-enthalpy geothermal field development planning. Energies, 17(8), 1887.

Faisal, S., Sadeq, A. M., Badawi, M. A., Thaljaoui, A., Ooi, J. B., Chauhdary, S. T., & Alamri, S. (2026). Cleaner production of net-negative emissions via integrated Biogas–LNG multigeneration system: 5E analysis, LCA, and artificial intelligence-driven optimization. Journal of Cleaner Production, 538, 147278.

Gao, Y., Antwi-Afari, M. F., Huang, Y., Chen, Z. S., & Manzoor, B. (2026). Artificial Intelligence in Construction Project Management: A Systematic Literature Review of Cost, Time, and Safety Management. Buildings, 16(5), 1061.

Hanafy, N. O., & Hanafy, N. O. (2025). An extensive examination of uses of machine learning and artificial intelligence in the construction industry's project life cycle. Energy and Buildings, 345, 116094.

Ivanova, S., Kuznetsov, A., Zverev, R., & Rada, A. (2023). Artificial intelligence methods for the construction and management of buildings. Sensors, 23(21), 8740.

Jafary, P., Shojaei, D., Rajabifard, A., & Ngo, T. (2026). Artificial intelligence (AI) and machine learning in building information modeling (BIM)-based construction cost estimation: a systematic review. Geo-spatial Information Science, 1-36.

Okonkwo, P. C., Nwokolo, S. C., Meyer, E. L., Ahia, C. C., & Mansir, I. B. (2025). Techno-economic optimization of renewable hydrogen infrastructure via AI-based dynamic pricing. Scientific Reports, 15(1), 31529.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *bmj*, *372*.

Pranckutė, R. (2021). Web of Science (WoS) and Scopus: The titans of bibliographic information in today's academic world. *Publications*, *9*(1), 12.

Proto, A. R., Sperandio, G., Costa, C., Maesano, M., Antonucci, F., Macrì, G., & Zimbalatti, G. (2020). A three-step neural network artificial intelligence modeling approach for time, productivity and costs prediction: A case study in Italian forestry. Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering, 41(1), 35-47.

Pusuluru, S., Velmurugan, K., Punna, S. K., Ravikumar, M., Kumar, M., Almukhlifi, H. A., ... & Menaa, F. (2026). Advancing biofuel production through algal biorefineries: Optimization of polysaccharide utilization, AI-driven innovations, and sustainability assessments. Biomass and Bioenergy, 204, 108366.

Sadikoglu, E., & Demirkesen, S. (2026). Mapping the state-of-the-art: bibliometric and systematic analysis of machine learning and AI-based cost and time prediction in construction. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 1-28.

Serugga, J. (2025). AI-Assisted Game Theory Approaches to Bid Pricing Under Uncertainty in Construction. AppliedMath, 5(2), 39.

Shamim, M. M. I., Hamid, A. B. B. A., Nyamasvisva, T. E., & Rafi, N. S. B. (2025). Advancement of artificial intelligence in cost estimation for project management success: A systematic review of machine learning, deep learning, regression, and hybrid models. Modelling, 6(2), 35.

Smith, C. J., & Wong, A. T. (2022, May). Advancements in artificial intelligence-based decision support systems for improving construction project sustainability: A systematic literature review. In Informatics (Vol. 9, No. 2, p. 43). MDPI.

Tamtam, F., Amzil, M., Jenkal, W., Yacoubi, L., & Tourabi, A. (2025). Hybrid AI-driven decision architecture for sustainable industrial planning: Integrating BWM, IVN-TOPSIS, and DRL in OCP's digital supply chain. AIMS Energy, 13(6), 1538-1559.

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *scientometrics*, *84*(2), 523-538.

Wohlin, C. (2014, May). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. In *Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering* (pp. 1-10).

Wu, Z. (2024). Application of artificial intelligence technology in smart building integrated management platform under big data environment. Appl. Math. Nonlinear Sci, 9.

Ye, S. J., & Lee, K. T. (2026). An Explainable AI-Based Framework for Predicting Construction Firm Profitability and Capital Structure Considering Supply-Chain

Volatility. Buildings, 16(4), 840.
Yeşil, T. (2025). ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) USE IN BUSINESS: ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODELLING FOR PREDICTING COST, MINIMISING WASTE AND OPTIMISING RESOURCE UTILISATION IN FURNITURE INDUSTRY. Journal of Entrepreneurship & Sustainability Issues, 13(1).
Zhang, J., & Jiang, S. (2026). Review of artificial intelligence applications in construction management over the last five years. Engineering, Construction and Architectural Management, 33(1), 361-379.
Zheng, Q., & Zhao, P. (2025). Impacts of AI technology and government subsidy on a dual-channel fresh produce supply chain with loss-reduction. Journal of Industrial and Management Optimization, 21(12), 6984-7020.
Zubair, S. W. H., Arafat, S. M., Khan, S. A., Niazi, S. G., Rehan, M., Arshad, M. U., ... & Riaz, F. (2024). Coupling Taguchi experimental designs with deep adaptive learning enhanced AI process models for experimental cost savings in manufacturing process development. Scientific Reports, 14(1), 23428.