

A união da gestão e da tecnologia: uma revisão sistemática de literatura sobre o uso da inteligência artificial na análise de custos e proposta de agenda de pesquisa

Integrating management and technology: a systematic literature review of artificial intelligence applications in cost analysis and a research agenda

Thiago de Andrade Guedes

<https://orcid.org/0000-0001-8567-639X>

Doutorando em Administração – Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) – Brasil.
thiagoandradeoficial@gmail.com.

RESUMO

A pesquisa investigou a integração da inteligência artificial (IA) na análise de custos, visando ao aprimoramento da eficiência e dos processos de gestão. Com base em uma revisão sistemática temática, explorou a interseção entre análise de custos e IA, destacando tendências, ferramentas e aplicações. A metodologia envolveu a análise de 334 artigos indexados nas bases Web of Science e Scopus. O estudo abordou aspectos como qualidade dos dados, interpretabilidade dos modelos de IA, escalabilidade, ética e viés na análise de custos, além da manutenção dos modelos. Os resultados evidenciaram a relevância da IA na otimização de processos e na tomada de decisões baseadas em dados em diversos setores. As implicações práticas ressaltam a importância de garantir a qualidade dos dados, tornar os modelos de IA mais transparentes e escaláveis, além de mitigar vieses. A pesquisa contribui ao oferecer novas perspectivas sobre a integração da IA na análise de custos, destacando desafios e oportunidades para aprimorar a gestão financeira. Por fim, propõe-se uma agenda de pesquisa abrangente para fomentar novos estudos e ampliar o entendimento sobre o uso da IA na análise de custos, beneficiando tanto a comunidade científica quanto a sociedade.

Palavras-chave: inteligência artificial; análise de custos; revisão sistemática de literatura; agenda de pesquisa.

ABSTRACT

The research investigated the integration of artificial intelligence (AI) in cost analysis, aiming to improve efficiency and management processes. Based on a thematic systematic literature review, it explored the intersection between cost analysis and AI, highlighting trends, tools, and applications. The methodology involved analyzing 334 articles indexed in the Web of Science and Scopus databases. The study addressed aspects such as data quality, interpretability of AI models, scalability, ethics, and bias in cost analysis, as well as model maintenance. The results highlighted the relevance of AI in optimizing processes and supporting data-driven decision-making across various sectors. The practical

implications emphasize the need to ensure data quality, make AI models more transparent and scalable, and mitigate biases. The research offers new perspectives on AI integration in cost analysis, highlighting challenges and opportunities to improve financial management. Finally, a comprehensive research agenda is proposed to foster further studies and expand the understanding of AI's role in cost analysis, benefiting both the scientific community and society.

Keywords: artificial intelligence; cost analysis; systematic literature review; research agenda.

Recebido em 31/01/2026. Aprovado em 31/03/2026. Avaliado pelo sistema *double blind peer review*. Publicado conforme normas da ABNT.

<https://doi.org/10.22279/navus.v18.2307>

1 INTRODUÇÃO

A análise de custos é uma ferramenta essencial na gestão financeira que envolve a identificação, mensuração e avaliação dos custos associados a um processo, projeto ou operação dentro de uma organização (Hansen, 1998; Pedersini et al., 2025; Blessing; Ifeanyi, 2025). Esta análise permite que as empresas compreendam melhor os seus gastos, identifiquem áreas de desperdício e oportunidades de economia, além de fornecer informações críticas para a tomada de decisões estratégicas (Nunes, 2024). Ao realizar uma análise de custos, os gestores podem distinguir entre custos fixos e variáveis, diretos e indiretos, e determinar a rentabilidade e a viabilidade econômica de suas atividades, facilitando o planejamento e a otimização dos recursos disponíveis (Shapiro, 1992; Alotaibi et al., 2024).

A análise de custos pode ser facilitada, por exemplo, pelo uso de softwares de gestão financeira e ferramentas de Business Intelligence (BI), que automatizam a coleta e organização de dados, além de oferecer visualizações em tempo real (de Lima et al., 2025; Mansoor; Dar, 2024; Tejaswini et al., 2024). Além disso, a integração da inteligência artificial (IA), foco deste estudo, potencializa ainda mais esses benefícios (Yang; Huang, 2021). Nesse contexto, a inteligência artificial pode revolucionar a análise de custos ao oferecer recursos avançados que aumentam a precisão e a eficiência do processo (Rane; Choudhary; Rane, 2023). Considera-se que a IA pode, por exemplo, automatizar a coleta e a categorização de dados financeiros (Hasan, 2021). Além disso, algoritmos de IA podem identificar padrões e tendências ocultas nos dados (Alvarado-Pérez; Peluffo-Ordóñez, 2015), permitindo a previsão de custos futuros com maior precisão e a identificação de áreas de desperdício que poderiam passar despercebidas.

A crescente incorporação da Inteligência Artificial (IA) na gestão tem promovido transformações significativas nos processos organizacionais, especialmente no que se refere ao uso de *analytics* e ao suporte à tomada de decisão. A literatura destaca que a IA amplia a capacidade preditiva das organizações, reduzindo incertezas e aprimorando decisões baseadas em dados, ao deslocar o foco da coleta de informações para sua interpretação estratégica (Agrawal; Gans; Goldfarb, 2019). Nesse contexto, ferramentas como *business intelligence*, *machine learning* e *predictive analytics* vêm sendo utilizadas para otimizar processos, melhorar previsões financeiras e apoiar decisões gerenciais mais complexas (De Lima et al., 2025; Asif et al., 2025; De Keijzer; Vistisen; Scheeren, 2021). Além disso, a aplicação da IA em áreas como contabilidade e operações tem contribuído para automatização, aumento de eficiência e geração de insights estratégicos (Adeyeri, 2024; Cannas et al., 2024), consolidando seu papel como elemento central na gestão orientada por dados.

Outra forma pela qual a IA contribui é através da análise preditiva, que usa dados históricos para prever despesas futuras e auxiliar na elaboração de orçamentos mais precisos (Asif et al., 2025; de Keijzer, Vistisen; Scheeren, 2021; Paul; Sadath; Madana, 2021). Ferramentas de IA também podem realizar análises comparativas (*benchmarking*) em tempo real, comparando os custos internos com os padrões do setor e sugerindo áreas para otimização (Gusc et al., 2022). Além disso, a IA pode fornecer insights detalhados e personalizados por meio de relatórios dinâmicos e dashboards interativos, permitindo que os gestores tomem decisões informadas de forma mais ágil (Adeyeri, 2024). Chatbots e assistentes

virtuais impulsionados por IA podem contribuir para consultas financeiras em tempo real (Kobets; Kozlovskiy, 2022), oferecendo suporte contínuo e reduzindo a carga de trabalho da equipe financeira.

Apesar do avanço da IA na gestão, ainda há lacunas relevantes na compreensão de como essas tecnologias transformam a análise de custos sob uma perspectiva estratégica. A literatura tradicional de *cost management* enfatiza a análise, controle e redução de custos como suporte à competitividade organizacional (Hansen, 1998), enquanto abordagens mais recentes incorporam métricas interorganizacionais e análises mais sofisticadas (Pedersini et al., 2025). Paralelamente, estudos aplicados demonstram o uso da IA em estimativas e análises de custos em diferentes contextos, como engenharia, energia e produção (Wang; Yuan; Ghafoor, 2021; Dutta et al., 2023; Manea; Dolci; Grosso, 2024). No entanto, ainda é limitada a articulação entre essas duas vertentes (IA e gestão estratégica de custos), especialmente no que diz respeito ao seu papel na geração de vantagem competitiva e no suporte à tomada de decisão estratégica. Assim, este estudo busca preencher essa lacuna ao investigar como a aplicação da IA pode redefinir a análise de custos sob uma perspectiva estratégica, contribuindo teoricamente para a integração entre esses campos.

Portanto, considerando que há diversos aspectos a serem explorados, uma análise bibliométrica e sistemática revela-se útil no estudo da aplicação da IA na análise de custos, pois permite identificar tendências, lacunas de pesquisa e oportunidades emergentes na interseção desses dois campos (Donthu; Kumar; Mukherjee; Pandey; Lim, 2021). Ao analisar a produção científica existente, a revisão sistemática de literatura pode fornecer insights valiosos sobre como a IA está sendo integrada nas práticas de gestão financeira, destacando os principais temas, autores influentes, e periódicos relevantes.

Para a realização deste estudo, foram utilizadas duas bases de dados, Web of Science (WoS) e Scopus, abrangendo o período de 1971 a 2024, correspondente ao intervalo de maior concentração de publicações. Os resultados evidenciam a fronteira temática entre análise de custos e inteligência artificial e permitem identificar sistemas, técnicas, aplicações, variáveis, teorias e tendências. Além disso, contribuem para que acadêmicos e profissionais compreendam melhor o estado da arte, fornecendo subsídios para futuras investigações. Portanto, este estudo fortalece a literatura sobre gestão e tecnologia ao integrar, de forma estruturada, dois campos que ainda se desenvolvem de maneira fragmentada. Ao sistematizar evidências sobre como técnicas de IA vêm sendo aplicadas na análise de custos, amplia-se a compreensão do papel estratégico dessas tecnologias na gestão financeira, destacando ganhos em previsão, controle e apoio à tomada de decisão. Além disso, ao propor uma agenda de pesquisa, o artigo orienta investigações futuras, contribuindo para o avanço teórico e metodológico e consolidando a IA como elemento central na modernização das práticas de gestão de custos.

2 MÉTODO

A Scopus e a WoS são as bases de dados mais utilizadas em estudos bibliométricos (e.g., Prancutè, 2021; del Barrio-García; Prados-Peña, 2019; Rojas-Lamoren et al., 2022). A Scopus é uma fonte confiável de pesquisas sobre gestão, enquanto a WoS abrange as ciências humanas e sociais. Foi usada uma query de visão geral da pesquisa para as coleções

WoS e Scopus principais, considerando todo o período de referência disponível nas duas bases. Para isso, utilizou-se o campo "ALL" da WoS e o campo "TITLE-ABS-KEY" da Scopus. A estratégia de busca foi definida conforme a seguinte *query*: ("cost analysis") AND ("artificial intelligence" OR AI).

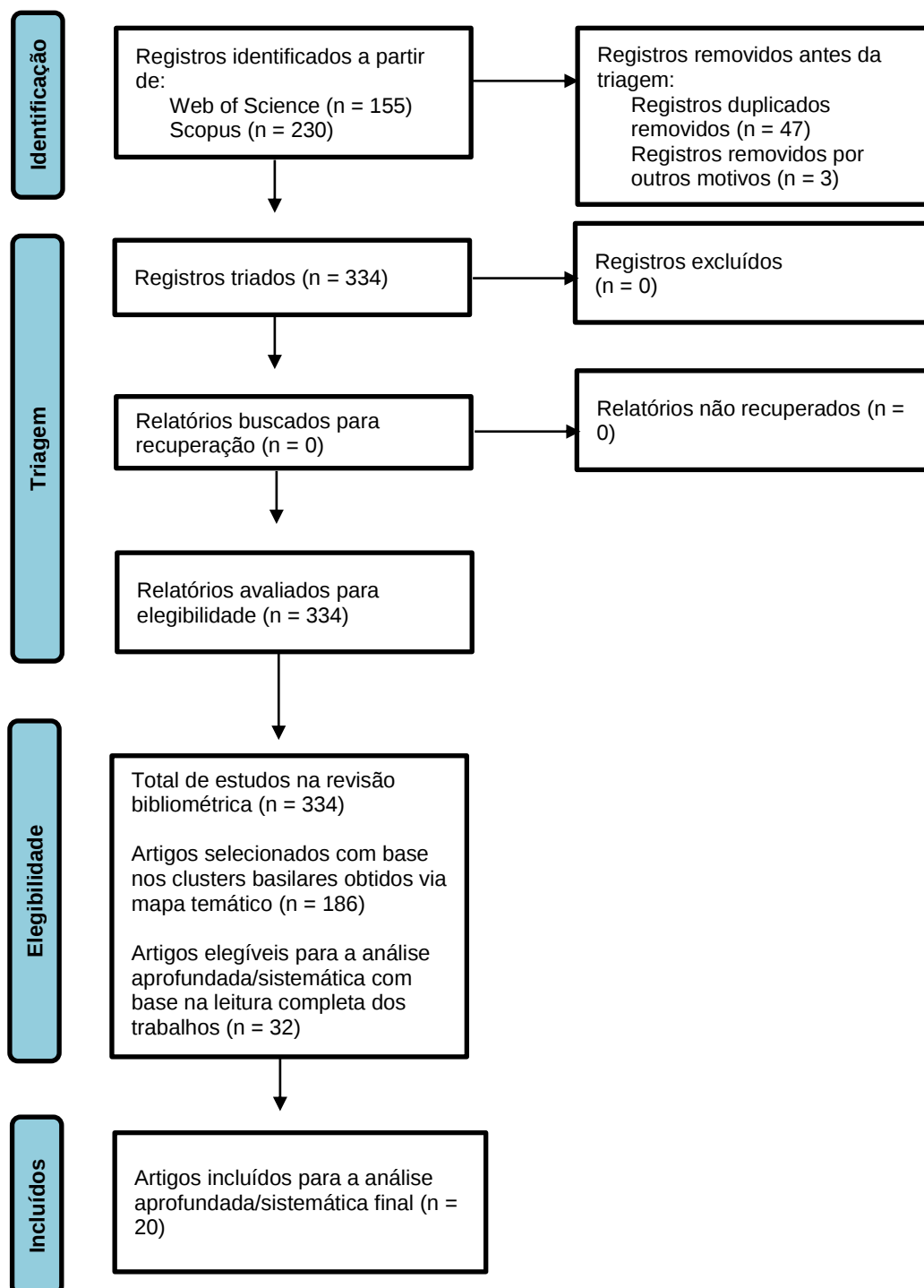
Os termos que foram escolhidos para incluir na *query* abrangem o tema da Análise de Custos e da Inteligência Artificial, contemplando tanto o nome completo quanto sua abreviação, de modo que ambos os assuntos estivessem obrigatoriamente conectados. Além disso, visando uma análise robusta de produção, foram escolhidos somente artigos de periódicos para adentrarem à amostra, pois são considerados a fonte mais atual de informações na academia (del Barrio-García; Prados-Peña, 2019). A construção da *query* de busca foi orientada por uma estratégia deliberadamente parsimoniosa, ancorada em recomendações metodológicas de revisões sistemáticas que enfatizam o uso de descritores centrais e amplamente consolidados para maximizar a recuperação de estudos relevantes. A escolha desses termos resultou de buscas exploratórias iterativas e da análise de artigos-chave do campo, por meio das quais se verificou que "cost analysis" e "artificial intelligence" (bem como sua variação "AI") funcionam como núcleos conceituais recorrentes na literatura. A opção por não expandir excessivamente a *query* com sinônimos ou termos derivados teve como objetivo evitar vieses de especificidade excessiva, que podem restringir artificialmente o corpus, comprometendo a abrangência da revisão. Assim, privilegiou-se uma estratégia sensível e teoricamente orientada, que foi capaz de capturar diferentes aplicações e perspectivas da IA na análise de custos, garantindo maior robustez e representatividade ao conjunto de estudos analisados.

A WoS retornou um total de 155 artigos e a Scopus, 230 artigos. Para verificar e remover as duplicatas resultantes da integração das bases WoS e Scopus, utilizou-se a interface RStudio. Como resultado, 47 artigos foram removidos e os 338 artigos remanescentes foram exportados para um único arquivo no formato XLSX. Devido à possibilidade de o processo de identificação automática de duplicatas não ser totalmente eficaz, a planilha foi revisada manualmente por meio dos respectivos DOIs. Três artigos foram removidos porque ainda estavam duplicados. Assim, a amostra bibliométrica final foi composta por 334 artigos científicos, envolvendo 1458 autores e 3352 palavras-chave.

A análise para a verificação sistemática foi realizada a partir da leitura dos títulos e resumos dos artigos obtidos nos clusters centrais do mapa temático (*artificial intelligence*, *cost analysis* e *cost benefit analysis* - *cluster roxo* / *management*, *cost analysis* e *artificial intelligence* - *cluster azul*). Inicialmente, a partir do universo de 334 artigos, apenas 186 artigos representavam os clusters focais do estudo (157 artigos do *cluster roxo* e 29 artigos do *cluster azul*). A partir dos 186 artigos dos clusters, foram selecionados 32 estudos que apresentavam pelo menos um dos termos centrais ("artificial intelligence" ou "cost analysis") no título, como forma de garantir maior aderência temática ao escopo da pesquisa. Em seguida, procedeu-se à leitura completa desses trabalhos, aplicando-se critérios de natureza conteudista, tais como: (i) alinhamento efetivo com a interseção entre inteligência artificial e análise de custos; (ii) presença de aplicação empírica ou discussão analítica consistente sobre custos; e (iii) contribuição substantiva para a compreensão do fenômeno investigado. Como resultado desse processo de refinamento, 12

artigos foram excluídos por tratarem dos termos de forma tangencial, sem aprofundamento analítico ou sem conexão direta entre os dois campos, resultando em um corpus final de 20 artigos que efetivamente atendiam aos objetivos da pesquisa. Todos os procedimentos foram conduzidos com base no PRISMA 2020, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Processos do trabalho com base no PRISMA Protocol 2020.



2.1 Instrumentos de análise utilizados

Como a pesquisa bibliométrica abrange uma variedade de estudos que tratam um determinado assunto dentro das fronteiras de mais de um domínio

do conhecimento, a pesquisa bibliométrica é a mais eficaz para análises de citações, exploração da estrutura intelectual do domínio e fornecimento de análises objetivas e subjetivas (Donthu, et al., 2021). Este estudo emprega esta abordagem para obter informações gerais e, como resultado, uma lista de itens analíticos foi criada usando o recurso Bibliometrix do R Studio. O mapeamento temático foi usado para construir uma estrutura temática após a revisão das perspectivas cronológicas e descritivas do campo (Cobo et al., 2011).

A metodologia adotada baseou-se na construção de um mapa temático, no qual os temas são posicionados a partir de duas dimensões principais: densidade e centralidade, dispostas, respectivamente, nos eixos vertical e horizontal (Cobo et al., 2011). A densidade refere-se ao grau de desenvolvimento interno de um tema, indicando a força das conexões entre palavras-chave e a maturidade do campo, enquanto a centralidade expressa o nível de interação desse tema com os demais temas, refletindo sua importância na estrutura geral da área (Esfahani, Tavasoli; Jabbarzadeh, 2019). A partir dessa lógica, os quadrantes permitem identificar diferentes tipos de temas. O quadrante superior direito, com alta densidade e alta centralidade, reúne os chamados "temas motores", que são bem desenvolvidos e altamente relevantes para o campo. O quadrante inferior esquerdo, caracterizado por baixa densidade e baixa centralidade, concentra temas emergentes ou em declínio, ainda pouco explorados na literatura. Já o quadrante superior esquerdo apresenta alta densidade e baixa centralidade, indicando temas bem desenvolvidos internamente, porém isolados ou com baixa conexão com outras áreas. Por fim, o quadrante inferior direito, com alta centralidade e baixa densidade, reúne temas básicos e transversais, que são importantes para o campo, mas ainda pouco desenvolvidos. Os agrupamentos de trabalhos analisados foram diretamente extraídos dos mapas temáticos, já posicionados em seus respectivos quadrantes.

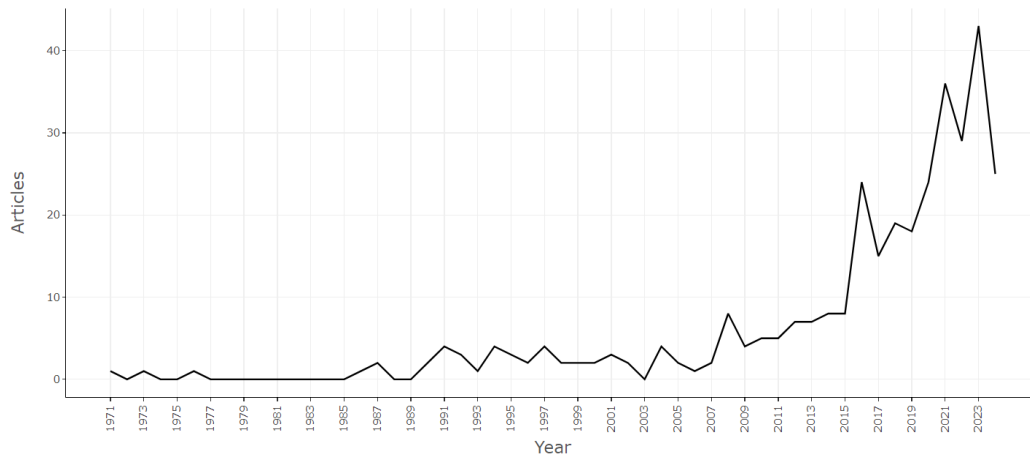
Além disso, foi implementada a análise de co-palavras, uma ferramenta capaz de identificar, descrever e apresentar visualmente as interações entre palavras-chave em um campo científico. Esta ferramenta permite avaliar a frequência com que duas palavras-chave são visualizadas juntas. A rede de coocorrência e a nuvem de palavras também foram usadas para apresentar a análise como agrupamentos de termos.

3 RESULTADOS

3.1 Caminhar da produção científica das temáticas

Em relação à produção científica, considerando todo o período, nota-se, na Figura 2, que as discussões sobre temas relacionados aumentaram significativamente desde a primeira publicação identificada, em 1971, passando de 1 artigo para 43 publicações em 2023. É importante destacar que esse crescimento não ocorreu de forma linear ou gradual ano a ano. Observa-se que, até 2015, o maior número de publicações anuais havia sido de 8 artigos. A partir de 2016, entretanto, observa-se uma inflexão na trajetória de crescimento da produção científica, com 24 artigos publicados nesse ano. Assim, os resultados indicam que o tema tem despertado interesse crescente na comunidade científica, evidenciado pelo aumento expressivo do número de publicações nos anos mais recentes.

Figura 2 - Gráfico da produção por ano



Foram analisados os três autores mais prolíficos ao longo do período, com o objetivo de ampliar a compreensão sobre os principais pesquisadores do campo. Assim, de acordo com os resultados obtidos por meio do Biblioshiny, o autor com maior número de publicações, totalizando 8 artigos, foi Xiaodong Zhang, da University of Texas at Austin, cujas pesquisas concentram-se na área de gerenciamento de resíduos. Em segundo lugar, com 5 trabalhos, está Mahmoud Nasr, da Alexandria University, que desenvolve pesquisas nas áreas de engenharia ambiental, tratamento de águas residuais, modelagem ambiental, poluição e gerenciamento de resíduos. Em terceiro lugar, com 4 trabalhos, está Giorgio Bertanza, da University of Brescia, com publicações nas áreas de águas residuais, resíduos, processos biológicos, oxidação química e rastreamento de poluentes.

Além disso, foram identificados os cinco artigos mais citados (Tabela 1). O artigo mais citado apresenta uma estimativa de custos médicos, sendo o mais antigo entre os cinco mais citados. O segundo artigo mais citado propõe um algoritmo dinâmico de resposta à demanda de preços para gerenciamento de energia em um mercado hierárquico de eletricidade que considera os custos do provedor de serviços e clientes. O terceiro avalia o desempenho de diferentes técnicas de inteligência artificial para otimizar o tamanho de um sistema híbrido, de modo a atender continuamente à demanda de carga com o custo anual total mínimo. Por sua vez, o quarto artigo mais citado apresenta uma proposta de modelo que visa melhorar a decomposição existente, formulando e incorporando um método de reconstrução orientado a características de dados com base na modelagem orientada a dados. Por fim, o quinto mais citado traz um novo algoritmo metaheurístico chamado Chaos Game Optimization que foi desenvolvido para resolver problemas de otimização.

Tabela 1 - 5 trabalhos mais citados

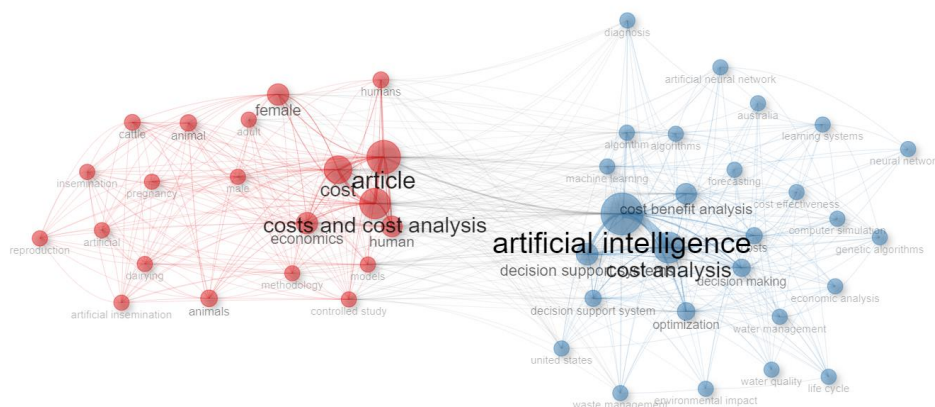
Documento	Título	Citações
LIN DY, 1997, BIOMETRICS	Estimating Medical Costs from Incomplete Follow-Up Data	364
LU R, 2018, APPL ENERGY	A Dynamic pricing demand response algorithm for smart grid:	321

Reinforcement learning approach

MALEKI A, 2014, INT J HYDROG ENERGY	Comparative study of artificial intelligence techniques for sizing of a hydrogen-based stand-alone photovoltaic/wind hybrid system	179
YU L, 2015, APPL ENERGY	A decomposition-ensemble model with data-characteristic-driven reconstruction for crude oil price forecasting	159
TALATAHARI S, 2021, ARTIF INTELL REV	Chaos Game Optimization: a novel metaheuristic algorithm	152

Ademais, foi examinada a rede de coocorrência de palavras (Figura 3), por fornecer uma visão geral dos contextos, áreas e afins que foram mais pesquisados. A rede explícita, de forma visual, os agrupamentos obtidos. Com base nessa análise, identificaram-se dois grupos significativos de discussão.

Figura 3 - Co-ocorrência de palavras



Os assuntos agrupados são evidenciados em dois clusters, representados pelas cores azul e vermelho. O agrupamento vermelho, à esquerda, tem foco na análise de custo, porém caminha com assuntos ligados ao lado humano; vê-se isso ao visualizar termos como “*humans*”, “*human*” e “*female*”. Por outro lado, o agrupamento azul, à direita, enfatiza os termos principais desta pesquisa, como “*artificial intelligence*” e “*cost analysis*”, sendo então o cluster que concentra os trabalhos principais focos deste estudo. Outros termos do cluster azul mostram forte conexão com o lado de gestão, como “*optimization*”, “*machine learning*” e “*decision making*”. Outro termo relevante foi “*cost benefit analysis*”, que evidencia uma interface entre aspectos teóricos e práticos, permitindo avaliar as vantagens e desvantagens de opções que possam atender às transações, atividades ou requisitos funcionais de uma empresa ou atividade.

De maneira complementar, foi analisada a nuvem de palavras (Figura 4). Tem-se, portanto, que os termos principais foram “*artificial intelligence*” e “*cost analysis*”, evidenciando que os trabalhos, de fato, se conectam com os assuntos foco do estudo, ressaltando a contribuição de análise dos trabalhos obtidos. Dessa forma, verifica-se uma tendência da

literatura em direcionar suas investigações para a integração entre inteligência artificial e análise de custos, reforçando a relevância dessa interface no contexto das pesquisas recentes.



3.2. Análise temática dos trabalhos

Figura 5 - Mapa temático do período

Com base na análise do mapa temático, observa-se que dois *clusters* concentram os termos basilares deste trabalho: o azul e o roxo. O *cluster* azul encontra-se no quadrante inferior esquerdo, isto é, no quadrante que evidencia trabalhos que estão em declínio ou são emergentes, isto é, possuem baixa densidade e baixa centralidade, ou seja, com baixa coesão entre os nós (densidade) e com baixo grau de correlação entre diferentes tópicos (Esfahani et al., 2019). Ao analisar os artigos desse *cluster*, observou-se que a maioria dos trabalhos é recente, sendo 17 publicados nos últimos cinco anos e apenas 12 em períodos anteriores. Esses resultados reforçam o caráter emergente dos temas presentes nesse agrupamento.

Já o *cluster* roxo encontra-se quase inteiramente no quadrante superior direito, correspondente aos temas motores, o que indica que os trabalhos possuem alta densidade e alta centralidade, demonstrando que concentram boa audiência em termos de impacto de citação e alto grau de correlação entre tópicos diversos (Esfahani et al., 2019).

Entendendo que esses dois *clusters* se conectam com os temas foco desta revisão, foram selecionados os artigos que os compõem para uma análise aprofundada do campo. Ao todo, 157 artigos compõem o *cluster* roxo e 29 artigos, o *cluster* azul. Portanto, considerando que esse número é elevado para uma análise aprofundada de todos os estudos, optou-se por analisar apenas os artigos que continham um dos dois termos centrais ("artificial intelligence" ou "cost analysis") no título. Assim, 32 artigos foram selecionados para a análise final. Desse modo, procedeu-se à leitura integral desses estudos, considerando título, resumo e conteúdo completo. Após essa etapa, verificou-se que, apesar de alguns trabalhos apresentarem termos equivalentes, apenas 20 artigos efetivamente abordavam a interface entre inteligência artificial e análise de custos e, assim, foram selecionados para compor o quadro final. O conteúdo da análise aprofundada encontra-se sintetizado no Quadro 1.

Quadro 1 - Análise aprofundada dos artigos

Artigo	Métodos usados	Contribuições	Achados	Como a inteligência artificial é usada na análise de custos
Benefit-Cost Analysis of Maintenance Decision Support System (2009)	- Metodologia de análise de custo-benefício para avaliação de MDSS de fundos agrupados. - Avaliação quantitativa dos benefícios e custos associados ao MDSS.	- Desenvolveu metodologia de análise de custo-benefício para o Sistema de Apoio à Decisão de Manutenção. - Identificou benefícios e custos tangíveis associados à implementação do MDSS. - Mostrou que o MDSS reduz o uso de materiais, atrasos e melhora a segurança. O MDSS traz mais benefícios do que custos com base no estudo de caso.	- A análise custo-benefício mostra que a implementação do MDSS traz mais benefícios do que custos. - O MDSS reduz o uso de materiais, atrasos, melhora a segurança e economiza custos. - O MDSS oferece benefícios intangíveis, como treinamento, práticas proativas e suporte de dados.	- A inteligência artificial auxilia na análise de custos por meio de processamento de dados e previsões. - Ajuda na análise de benefícios e custos tangíveis para a tomada de decisões. - A IA suporta a previsão das condições das estradas e as decisões de manutenção de forma eficaz.
Exploring the impact of artificial intelligence: prediction versus judgment (2018)	- Explora os avanços do aprendizado de máquina e o impacto na inteligência artificial. - Analisa o julgamento humano e a tecnologia de previsão nos processos de tomada de decisão.	- O modelo explora os avanços da IA na produção de tarefas e no desempenho homem-máquina. - Examina o impacto da tecnologia de previsão na eficácia do julgamento humano.	- A previsão aprimorada da máquina impulsiona avanços na inteligência artificial. - O julgamento melhora os resultados da tomada de decisão distintos da previsão. - Os humanos podem ceder autoridade às máquinas devido à capacidade limitada de julgamento.	- IA na análise de custos por meio da tecnologia de previsão para melhorar a tomada de decisões. - Os avanços da IA aumentam a produtividade e a produção de tarefas na análise de custos.
The Economic Value and Clinical	Revisão de escopo conduzida para	O valor da IA na área da saúde a partir da	A IA aumenta a eficiência clínica ao	As plataformas de IA identificam membros

Impact of Artificial Intelligence in Healthcare: A Scoping Literature Review (2023)	analisar o impacto da IA na economia da saúde. Extração de dados usando o Excel para reunir informações relevantes do artigo.	perspectiva de várias partes interessadas é destacado. Analisa o impacto financeiro e de eficiência dos aplicativos de IA em comparação com o atendimento padrão.	reduzir o tempo de trabalho ou a jornada do paciente. - A IA tem potencial para melhorar os resultados de saúde em vários níveis. - A IA supera a capacidade humana em termos de pontualidade e integridade da prestação de cuidados.	de alto risco, reduzem custos e fornecem suporte à decisão. A IA automatiza os ajustes de pagamento do plano, reduzindo a estimativa incorreta de pagamento.
Synergism of Artificial Intelligence and Techno-Economic for Sustainable Treatment of Methylene Blue Dye-Containing Wastewater by Photocatalysis (2024)	- Neurônios alterados na camada oculta para melhorar o desempenho de predição de ANN. - Usou o algoritmo de Levenberg-Marquardt para treinar ANN de retropropagação de feed-forward.	- Concentre-se na otimização do processo de degradação fotocatalítica para minimizar os custos de tratamento. - Criação de nanocompósito inteligente de ZnO/MgO para degradação do azul de metileno.	- Remoção otimizada de MB com fotocatalisador de ZnO/MgO sob condições específicas. - Custo de tratamento reduzido em 7% com otimização baseada em ANN. - Correlações positivas com metas de desenvolvimento sustentável e redução da poluição.	- A inteligência artificial otimiza os custos em sistemas de degradação de corantes fotocatalíticos. - A IA prevê os custos do tratamento e melhora a eficiência da remoção de forma econômica. - Os custos operacionais são analisados usando IA para sustentabilidade e eficiência.
Management and Policy Modeling of the Market Using Artificial Intelligence (2022)	- Algoritmo adaptativo de otimização do lobo cinzento proposto para gerenciamento de mercado. - Combinação de	Ideia de preço de mercado para um ambiente competitivo que capacite os consumidores de eletricidade.	- O modelo proposto supera o SVR, o ANN e o modelo cinza na precisão da previsão. - O MAPE ideal alcançado é 2,7453, melhor do que SVR e ANN. - O envio de energia	- A IA otimiza as funções de custo de forma eficaz em cenários de gerenciamento de mercado. - Os modelos de IA preveem os preços de

	máquina vetorial de suporte e teoria de conjuntos difusos utilizada.		mais adequado foi obtido com um custo total de 300,8632.	mercado com precisão para análise de custos. O SVR baseado em Fuzzy aprimora as previsões de IA para uma análise precisa de custos.
Preparation of nano zero-valent aluminum for one-step removal of methylene blue from aqueous solutions: cost analysis for scaling-up and artificial intelligence (2023)	- XRD, TEM, SEM, EDS, FTIR para caracterização de materiais. - Modelo de isoterma de Freundlich para dados de adsorção. - Modelo de pseudo-segunda ordem para análise de dados cinéticos.	- Fases de adsorção: líquido à superfície, filme externo, difusão intrapartícula, locais internos. - Vantagens do nanomaterial: alta porosidade, baixo custo, tamanho pequeno, aumento da área de superfície.	- O NZVal alcançou 99,0% de remoção de MB em condições ideais. O modelo de isoterma de Freundlich se ajusta melhor aos dados de adsorção de isotermas. - O modelo de pseudo-segunda ordem descreveu os dados cinéticos com precisão. - Adsorção de MB em NZVal bem modelada usando rede neural artificial. - Aumentar a unidade de adsorção para remoção de MB custa USD 1,31/m³.	- A rede neural artificial prevê a eficiência da remoção de MB com base em 11 fatores. - ANN correlaciona a eficiência de remoção de MB com fatores ambientais, atingindo R² de 0,97.
Virtual dynamic coupling of computational fluid dynamics-building energy simulation-artificial intelligence: Case study of urban neighbourhood	- Acoplamento dinâmico virtual de BES, CFD e AI. - Comparação de ferramentas somente BES, acoplamento BES-CFD e NN. - Opções de	- Acoplando BES com CFD para incluir efeitos de vizinhança na demanda de energia. - Desenvolvimento de uma estrutura dinâmica virtual BES-CFD-AI para avaliações de energia.	- O acoplamento dinâmico virtual economiza 2/3 do tempo computacional com as previsões de ANN. - O período efetivo de treinamento é de 10 dias para ferramentas NN em simulações.	- A inteligência artificial prevê chTCs locais para economizar tempo computacional. - AI é treinada sobre resultados dinâmicos de acoplamento BES-CFD.

effect on buildings' energy demand (2021)	combinação de métodos de previsão para CHTC local.	Treinar ANN para prever cHTCs locais e economizar tempo computacional.	A estrutura proposta melhora as previsões locais de CHTC usando IA para avaliações.	Economiza 2/3 do tempo computacional em comparação com a abordagem comum.
Comparing Interpretation of High-Resolution Aerial Imagery by Humans and Artificial Intelligence to Detect an Invasive Tree Species (2021)	- Analistas humanos comparados com o DNN baseado em Retinanet para detecção de micônia. - Análise linear de custos para DNN e buscas humanas em velocidades variadas.	- Comparou analistas humanos com DNN para detecção de micônia em imagens de UAS. - Analisou o impacto das características ópticas na recuperação da detecção de micônias.	- A DNN alcançou 83% de recall, 1% do tempo dos analistas humanos. - O DNN é mais econômico do que a busca humana por grandes áreas.	- A inteligência artificial automatiza a análise de imagens para detecção econômica de espécies invasoras. - A IA reduz o tempo e os recursos necessários para interpretação de imagens e consequentemente os custos. - A análise de custos inclui custos fixos e variáveis para a implementação da IA. - A análise de custos de IA considera despesas com mão de obra, equipamento e processamento de imagens.
A Three-Step Neural Network Artificial Intelligence Modeling Approach for Time, Productivity and Costs Prediction:	- Operações motor-manuais, tratores agrícolas, skidders, guindastes de cabo, transportadores. - Redes neurais	- Técnicas de gerenciamento ativo para operações florestais para aumentar a produtividade e a eficiência. - Estudo comparativo de	- Produtividade e custos analisados na silvicultura italiana usando diferentes métodos de colheita. - Avaliou a produtividade total e a distância de viagem	- A IA prevê custos em operações florestais usando redes neurais. - Os modelos de IA resolvem problemas multifacetados com alta precisão.

A Case Study in Italian Forestry (2020)	artificiais (ANNs) para modelar crescimento e rendimento. Abordagem em três etapas para estimativa de tempo, produtividade e custo.	operações madeireiras convencionais e inovadoras para apoio à tomada de decisões.	em três locais de estudo.	
Life Cycle Cost Analysis of Pumping System through Machine Learning and Hidden Markov Model (2023)	- Abordagens baseadas em modelos e orientadas por dados para previsão de sistemas. - Modelo híbrido SVM-HMM para previsão de falhas e redução de custos. - HMM para análise de estado e algoritmos de ML para detecção de falhas. - Aplicação do HMM para previsão de LCC e análise de aprendizado de máquina. - HMM para identificação do estado em condições saudáveis e	- Aplicação da metodologia LCC em bombas, identificação de fatores de custo e operação ideal. - Introdução de algoritmos ideais de programação de bombas para sistemas de distribuição de água. - Avaliação do modelo híbrido SVM-HMM para predição de falhas em bombas.	- O SVM-HMM híbrido prevê falhas de forma eficaz, reduzindo significativamente os custos de energia. - A análise de LCC com algoritmos de ML minimiza os custos e melhora a eficiência energética. - O SVM classifica as falhas, o HMM identifica os estados de falha exatos nas bombas.	- A IA otimiza a economia de energia e reduz as despesas operacionais na análise de custos. - A IA permite reparos proativos e manutenção preditiva, reduzindo os gastos com manutenção. - Os aplicativos de IA reduzem custos, melhoram a eficiência energética e prolongam a vida útil.

	defeituosas.			
Research on construction cost estimation based on artificial intelligence technology (2021)	- Modelo de rede neural Grey BP para estimativa de custos de construção. - Modelo de rede de retropropagação com camadas de entrada, ocultas e de saída.	Inteligência de TI para desafios de projetos de construção, importância da estimativa de custos.	- O modelo Grey BP prevê o custo do projeto com 2,33% de erro médio. - O modelo cinza BP oferece alta precisão e estimativa rápida de custos. - O modelo cinza BP supera os modelos padrão BP e GM (1,1).	- A IA otimiza modelos de estimativa de custos para projetos de construção. - A IA identifica relações de padrões em dados de licitações anteriores para estimativas precisas. - Métodos baseados em IA utilizam aprendizado de máquina para precisão na estimativa de custos. - A IA aprimora a previsão do preço de licitação usando SVM e modelos de regressão. - A IA melhora a estimativa de custos em serviços de engenharia com a abordagem ANN.
Artificial intelligence for greywater	Rede neural e sistema adaptativo de	Desenvolveu uma abordagem CE para remoção de poluentes	Desenvolveu uma abordagem CE para remoção de poluentes	A inteligência artificial prevê redução de custos

treatment using electrocoagulation process (2015)	inferência neuro-fuzzy para simulação.	da água cinza.	da água cinza. • A remoção da turbidez aumentou com a maior densidade de corrente no processo de eletrocoagulação. • A folga do eletrodo de 0,5-2,5 cm mostrou a eliminação ideal da turbidez.	nos processos de tratamento de águas cinzas. • A IA simula a influência das variáveis na remoção da turbidez para análise de custos.
Regression model, artificial intelligence, and cost estimation for phosphate adsorption using encapsulated nanoscale zero-valent iron (2018)	• Estudos de isotermas de adsorção usando os modelos de Langmuir e Freundlich. • Usou modelo de regressão e ANN para prever a remoção de PO₄ 3-. • Rede neural artificial com uma estrutura 5-7-1 para predição.	• Investigou a adsorção de PO₄ 3- em ferro de valente zero encapsulado em nanoescala. • Usou modelo de regressão, ANN e análise de sensibilidade para prever a eficiência de remoção. • Estudos de equilíbrio determinado de PO₄ 3- usando as isotermas de Langmuir e Freundlich. • Desenvolveu um modelo avançado de ANN para prever a quantidade de fosfato adsorvido.	• Alcançou 42% de remoção de PO₄ 3- em condições ideais. • Custo estimado da unidade de adsorção em \$3,15 USD/m³.	• A rede neural artificial prevê a remoção de PO₄ 3 com 97,6% de precisão. • A IA identifica o pH como a entrada mais influente na análise de custos.
Cost Analysis of Proton Exchange Membrane Fuel Cell Systems (2008)	• Varia a área do MEA alterando as células ou o tamanho da membrana. • Modelo de custo analítico para equilibrar os custos	• Modelo de custo analítico para compensação de projeto de sistema de célula de combustível PEM. • Exploração do custo do MEA, preço do hidrogênio e fatores materiais.	• O modelo analítico equilibra os custos operacionais e de capital para o projeto de células de combustível. • Fatores como o custo do MEA e o preço do hidrogênio impactam o	• A inteligência artificial otimiza a análise de custos por meio de insights baseados em dados. • A IA aprimora os modelos de custo analisando fatores para um design

	operacionais e de capital.	Investigação do custo do MEA e do impacto do preço do hidrogênio nos sistemas.	design ideal. • O TAC avalia projetos de células de combustível com base na área MEA e no hidrogênio. • As tendências de tecnologia e preço afetam o design ideal de células de combustível PEM.	ideal.
Artificial intelligence in supply chain and operations management: a multiple case study research (2023)	• Metodologia de estudo de caso com entrevistas semiestruturadas. • Algoritmos genéticos e ML para previsão e planejamento de demanda.	• Aplicações de IA da vida real no OSCM, benefícios e barreiras de implementação destacados. • Etapas metodológicas aplicadas rigorosamente na concepção e análise do estudo de caso.	• A IA no OSCM reduz custos, prazos de entrega e melhora os níveis de serviço. • Barreiras identificadas: qualidade dos dados, falta de habilidades, altos investimentos. • As empresas enfrentam desafios em recursos econômicos, tecnologias avançadas e habilidades.	• A IA na análise de custos reduz os prazos de entrega e melhora os níveis de serviço. • A IA garante a qualidade dos dados e identifica barreiras na análise de custos. • A falta de clareza sobre os benefícios econômicos é uma barreira na análise de custos.
Artificial intelligence achieves easy-to-adapt nonlinear global temperature reconstructions using minimal local data (2023)	• Modelos LSTM, GRU, CNN analisados para reconstrução climática. • Treinamento com dados de 20CRv3, MPI-GE e pseudo-estação. • Abordagem do vizinho mais próximo para	• Método de reconstrução climática não linear usando rede neural recorrente para temperaturas globais. • Impacto da seleção de dados de treinamento na qualidade da reconstrução e na descrição do usuário. • Avaliação usando dados pseudo-proxy médios de	• O método baseado em aprendizado de máquina para reconstruções climáticas usando RNN se mostra promissor. • Os conjuntos de dados de treinamento afetam os vieses de temperatura em campos reconstruídos.	• IA usada para reconstruções climáticas com dados locais mínimos. • Modelos de IA como RNN, LSTM, GRU, CNN usados para reconstruções. • Modelos avaliados com base no MSE e nas métricas de correlação de

	extrair dados de temperatura da grade.	conjunto e reanálise do último milênio. • Comparação de desempenho com métodos estabelecidos usando coeficientes de correlação de Pearson.		desempenho.
Risk stratification of outpatient management in acute venous thromboembolism (2022)	• Estratificação de risco com os critérios de Hestia. • Combinando escores clínicos e biomarcadores cardíacos para prognóstico. • Avaliação dos motivos da hospitalização com base nos critérios de Hestia.	• A razão RVLV 1 não prediz resultados ruins em pacientes ambulatoriais. • Comparação das readmissões relacionadas à EP entre pacientes tratados em casa e no hospital. • Avaliação dos custos farmacêuticos entre tratamentos hospitalares e ambulatoriais.	• A razão RVLV por si só não prediz resultados ruins no tratamento ambulatorial. • Não há diferenças significativas nos custos farmacêuticos entre tratamentos domiciliares e hospitalares.	• IA usada na análise de custos para tratamento domiciliar da embolia pulmonar. • A IA avalia o impacto econômico e a economia de custos associados ao tratamento domiciliar.
Environmental sustainability: A machine learning approach for cost analysis in plastic recycling classification (2023)	• Utilização de espectroscopias de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e infravermelho próximo (NIR). • Teste de sete algoritmos de aprendizado de máquina em quatro conjuntos de dados para classificar cinco tipos de plásticos:	• Proposta de uma estrutura econômica para o controle de qualidade na classificação de plásticos. • Desenvolvimento de um método para selecionar algoritmos com base na classe de rendimento do polímero e nas vantagens econômicas.	• A inteligência artificial (IA) pode melhorar a eficiência e a lucratividade da triagem de plásticos reciclados em comparação com a triagem manual. • Espectroscopias de infravermelho (FTIR e NIR) combinadas com algoritmos de aprendizado de máquina são eficazes na classificação de vários tipos de	• A inteligência artificial impacta a análise de custo na reciclagem de plásticos ao automatizar a triagem de materiais, substituindo a triagem manual que é menos eficiente e economicamente viável. • O uso de espectros infravermelhos e algoritmos de

	Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Tereftalato de Polietileno (PET), Poliestireno (PS) e Cloreto de Polivinila (PVC).		plásticos. A estrutura econômica sugerida no artigo propõe métodos para selecionar algoritmos de acordo com o rendimento do polímero, maximizando as vantagens econômicas e melhorando a viabilidade da reciclagem.	aprendizado de máquina permite a classificação precisa de diferentes tipos de polímeros, otimizando o processo de reciclagem e reduzindo custos.
Analysis and prediction of industrial energy consumption behavior based on big data and artificial intelligence (2023)	- Análise de cluster com base em diferentes dimensões, como diferença de usuário e flutuação de carga. - Rede neural LSTM para desenvolvimento de modelo de previsão de carga de energia.	- Analizou o comportamento do consumo de energia industrial no parque industrial de Xangai. - Modelo de previsão de carga desenvolvido com base na rede neural LSTM.	- Modelo de previsão de carga desenvolvido com base na rede neural LSTM para empresas industriais. - Temperatura ambiente de acoplamento para maior precisão na previsão de carga. - Identificou as características de consumo de energia do usuário com base na análise de cluster.	- IA usada na análise de custos para previsão do comportamento do consumo de energia industrial. - IA empregada no desenvolvimento de modelos de previsão de carga baseados na rede neural LSTM.
Life cycle assessment and cost analysis of an innovative automatic system for sorting municipal solid waste: A case study at Milan Malpensa airport (2024)	Uma lixeira automática foi instalada em áreas públicas do Aeroporto de Milão Malpensa para separar os resíduos entre papel, plástico, vidro e alumínio, e resíduos residuais.	Demonstra como a inteligência artificial e tecnologias inteligentes podem ser integradas na gestão de resíduos desde o início da cadeia de reciclagem, melhorando significativamente a eficiência e a precisão da separação	- A coleta separada mostra uma precisão de classificação de 62%. - Com foco no LCA, S0 causa uma carga adicional de 12,4 mPt (milipontos) por tonelada de resíduos. - Em contraste, S0R mostra um benefício (-26,4 mPt/t) e S1	A inteligência artificial contribui para a análise de custos ao melhorar a eficiência da triagem de resíduos, influenciando diretamente os resultados econômicos e ambientais das estratégias de

	Os desempenhos ambientais (por meio da avaliação do ciclo de vida) e econômico do sistema foram comparados aos de um sistema no qual a triagem é realizada pela lixeira automática.	de materiais.	permite um aumento adicional de 33% nos benefícios. Além disso, a análise de custos indica economias potenciais de 24,3 €/t em S1, quando comparado a S0.	gestão de resíduos.
--	---	---------------	--	---------------------

A análise dos estudos apresentados no Quadro 1 permite avançar da descrição das aplicações da inteligência artificial (IA) para uma interpretação mais profunda de seus mecanismos de atuação na análise de custos. Em termos gerais, os trabalhos convergem ao indicar que a IA exerce impacto relevante na redução de custos, no aumento da eficiência e na melhoria da tomada de decisão. Entretanto, essa influência não ocorre de maneira direta e homogênea, mas por meio de diferentes mecanismos intermediários, que variam conforme o contexto de aplicação, o tipo de tecnologia empregada e a natureza do sistema analisado.

A partir da comparação entre os estudos, é possível identificar três dimensões analíticas principais que estruturam o uso da IA na análise de custos: (i) IA como mecanismo de predição, (ii) IA como instrumento de otimização de processos e (iii) IA como suporte à decisão. Essas dimensões não são mutuamente excludentes, mas representam ênfases distintas observadas na literatura.

A primeira dimensão, relacionada à IA como mecanismo de predição, é predominante em estudos que utilizam modelos como redes neurais artificiais (ANN), máquinas de vetor de suporte (SVM), redes neurais recorrentes (RNN) e modelos LSTM. Nesses casos, a IA é empregada para reduzir incertezas associadas a variáveis críticas, como consumo de energia, custos de construção, produtividade operacional e eficiência de processos físico-químicos. Observa-se, por exemplo, que estudos nas áreas de energia e construção enfatizam a redução de erros de previsão (como MSE e MAPE), enquanto pesquisas nos setores ambiental e industrial destacam a melhoria na estimativa de custos unitários e na eficiência de processos. Essa diferença evidencia que, embora o mecanismo subjacente seja o mesmo (a predição), os resultados são operacionalizados de formas distintas conforme o setor. De modo geral, a literatura sugere que a capacidade preditiva da IA não reduz custos diretamente, mas atua como um mecanismo mediador, ao fornecer informações mais precisas que subsidiam decisões mais eficientes.

A segunda dimensão refere-se ao uso da IA como instrumento de otimização e eficiência operacional. Nessa categoria, a IA está integrada aos próprios sistemas produtivos, influenciando diretamente o desempenho operacional e, conseqüentemente, os custos. Estudos sobre gestão de resíduos, sistemas de bombeamento, mercados de energia e processos químicos demonstram que a IA pode reduzir custos operacionais por meio da otimização do uso de recursos, da melhoria da eficiência energética e da redução do tempo de processamento. Diferentemente da dimensão preditiva, na qual a IA atua de forma indireta, nessa dimensão ela exerce um papel mais estrutural, modificando o funcionamento do sistema. A comparação entre os estudos revela que, em sistemas físicos e energéticos, o foco está na eficiência energética e na redução do consumo, enquanto, em sistemas ambientais, a ênfase recai sobre a redução de custos por unidade tratada. Já em sistemas computacionais, destaca-se a economia de tempo e de recursos computacionais. Essa heterogeneidade reforça que a contribuição da IA depende do tipo de processo em que está inserida, mas converge para um resultado comum: a otimização de custos por meio da melhoria da eficiência operacional.

A terceira dimensão envolve a IA como suporte à decisão e, em alguns casos, como substituta parcial da ação humana. Estudos sobre sistemas de apoio à decisão para manutenção, aplicações em saúde, cadeias de suprimentos e análise de imagens demonstram que a IA melhora a qualidade, a velocidade e a consistência das decisões. A literatura também aponta uma

tensão importante entre o julgamento humano e a previsão algorítmica, indicando que, em determinados contextos, a superioridade da IA em termos de precisão e escala leva à delegação de decisões às máquinas. Comparativamente, estudos mais teóricos enfatizam os limites do julgamento humano, enquanto estudos empíricos demonstram ganhos concretos em eficiência e redução de custos decorrentes da automação e da padronização de processos decisórios. Assim, a IA pode atuar tanto como ferramenta de apoio quanto como substituta em atividades específicas, especialmente aquelas intensivas em dados.

A análise integrada dessas três dimensões permite identificar um padrão fundamental: a IA raramente impacta os custos de forma direta. Em vez disso, sua influência ocorre predominantemente por meio de variáveis mediadoras, como aumento da precisão preditiva, melhoria da eficiência operacional, automação de processos e aprimoramento da qualidade das decisões. Esse achado representa um avanço analítico em relação à abordagem descritiva, ao evidenciar que a IA atua como um fator capacitador (*enabler*), cuja efetividade depende da forma como esses mecanismos intermediários são ativados.

Além disso, a literatura revela a presença de variáveis moderadoras que condicionam a magnitude e a direção dos efeitos da IA na análise de custos. Entre elas, destacam-se a qualidade dos dados, a complexidade dos sistemas analisados, a escalabilidade das soluções e a capacidade organizacional de implementação e uso das tecnologias. A qualidade dos dados, por exemplo, aparece de forma recorrente como um fator crítico, uma vez que modelos de IA dependem de dados consistentes e representativos para gerar resultados confiáveis. Da mesma forma, desafios relacionados à interpretabilidade dos modelos, à integração com sistemas existentes e à necessidade de atualização contínua indicam que os benefícios da IA não são automáticos, mas dependem de condições contextuais específicas.

Com base nessas evidências, propõe-se um framework teórico no qual a IA influencia a análise de custos por meio de um processo estruturado em quatro níveis: (i) insumos, que incluem a adoção de tecnologias de IA, o tipo de algoritmo utilizado e a disponibilidade de dados; (ii) mecanismos mediadores, como predição, automação, otimização e suporte à decisão; (iii) resultados, expressos em redução de custos, aumento de eficiência e melhoria de desempenho; e (iv) fatores moderadores, que condicionam a efetividade do processo. Esse framework permite compreender a IA não apenas como uma ferramenta tecnológica, mas como um elemento inserido em sistemas socioeconômicos complexos, cujo impacto depende da interação entre tecnologia, dados e contexto organizacional.

Dessa forma, ao transformar os resultados empíricos em dimensões analíticas e categorias teóricas, esta análise contribui para uma compreensão mais estruturada e explicativa do papel da inteligência artificial na análise de custos, superando abordagens meramente descritivas e oferecendo uma base conceitual para o desenvolvimento de pesquisas futuras.

Com base na análise comparativa dos estudos, torna-se possível sintetizar o uso da inteligência artificial na análise de custos em dimensões analíticas que refletem diferentes funções desempenhadas pela tecnologia nos sistemas econômicos e produtivos (Quadro 2). Essas dimensões não apenas organizam a literatura existente, mas também evidenciam que os impactos da IA variam conforme o tipo de aplicação predominante. Nesse sentido, o Quadro 2 apresenta uma tipologia que distingue os principais

papéis desempenhados pela IA, predição, otimização e suporte à decisão, bem como suas respectivas implicações sobre os custos.

Quadro 2 – Dimensões analíticas do uso da IA na análise de custos

Dimensão	Características	Função da IA	Tipo de impacto nos custos
Predição	Uso de modelos como ANN, LSTM, SVM	Redução de incerteza	Indireto
Otimização	Integração com sistemas produtivos	Eficiência operacional	Direto
Suporte à decisão	Apoio ou substituição do julgamento humano	Melhoria decisória	Direto e indireto

Prosseguindo, com base da identificação de padrões recorrentes nos estudos analisados, é possível estruturar o fenômeno investigado em termos de variáveis teóricas, permitindo avançar de uma análise descritiva para uma abordagem explicativa (Quadro 3). Essa sistematização evidencia não apenas quais fatores estão associados ao uso da IA, mas também como esses fatores se relacionam para produzir resultados econômicos. O Quadro 3 consolida essas evidências ao categorizar as variáveis em independentes, dependentes, mediadoras e moderadoras, destacando o papel central dos mecanismos intermediários na relação entre IA e redução de custos.

Quadro 3 – Variáveis teóricas identificadas nos estudos

Tipo de variável	Variáveis
Independentes	Uso de IA; tipo de algoritmo; integração tecnológica; disponibilidade de dados
Dependentes	Custos operacionais; custo total; eficiência energética; produtividade; tempo
Mediadoras	Precisão preditiva; automação; eficiência de processos; qualidade da decisão
Moderadoras	Qualidade dos dados; escalabilidade; complexidade; capacidade organizacional

Por fim, propõe-se um framework teórico (Quadro 4). A literatura recente sobre inteligência artificial e análise de custos indica que abordagens simplificadas, baseadas em relações diretas entre adoção tecnológica e redução de custos, são insuficientes para explicar os mecanismos observados empiricamente. Estudos de alto impacto demonstram que o valor econômico da IA emerge de forma sistêmica, envolvendo a interação entre capacidades organizacionais, estruturas de decisão e eficiência produtiva. Em particular, a literatura baseada na Visão Baseada em Recursos (RBV) destaca que a IA só gera valor quando integrada a capacidades complementares, enquanto abordagens econômicas enfatizam que a eficiência de custos depende da relação entre desempenho e recursos empregados.

Adicionalmente, modelos contemporâneos de avaliação de IA indicam que seu principal efeito está na redução da incerteza, na melhoria da qualidade decisória e na otimização de processos. Nesse contexto, propõe-se um framework teórico multinível que integra essas perspectivas, estruturando o papel da IA na análise de custos a partir de três camadas interdependentes, capacidade, mecanismos e resultados, mediadas por processos econômicos e condicionadas por fatores contextuais.

Quadro 4 - Framework multinível da IA na Análise de Custos

Nível teórico	Elementos	Fundamentação teórica	Função no modelo
1. Capacidade (AI Capability Layer)	Dados, infraestrutura, algoritmos, capital humano	Resource-Based View (RBV)	Determina a capacidade de gerar valor com IA
2. Mecanismos cognitivo-operacionais	Predição, automação, otimização, suporte à decisão	Teoria da informação + decisão	Redução de incerteza e melhoria de processos
3. Transformação econômica (process layer)	Eficiência técnica, alocação de recursos, redução de variância	Teoria da produção / eficiência	Converte capacidade em desempenho econômico
4. Resultados (outputs)	Redução de custos, produtividade, desempenho	Economia aplicada	Resultado observável
5. Moderadores contextuais	Qualidade dos dados, complexidade, escala, governança	Teoria contingencial	Condicionam intensidade dos efeitos

4 AGENDA DE PESQUISA

Com base nas informações apresentadas na análise dos artigos e nas evidências sistematizadas nos quadros analíticos, especialmente no que se refere às dimensões de predição, otimização e suporte à decisão, bem como às variáveis mediadoras (como precisão preditiva, automação e eficiência) e moderadoras (como qualidade dos dados e capacidade organizacional), propõe-se uma agenda de pesquisa sobre o uso da inteligência artificial na análise de custos. Diferentemente de abordagens genéricas, a presente agenda deriva diretamente dos achados da revisão, que indicam que o impacto da IA ocorre de forma indireta, sendo condicionado por mecanismos e fatores contextuais específicos. Assim, propõe-se a agenda de pesquisa a seguir.

4.1. Interpretabilidade e consequências do uso

Desenvolver métodos e ferramentas para tornar os modelos de IA mais interpretáveis e transparentes, permitindo que os usuários compreendam como as decisões são tomadas e identifiquem possíveis vieses ou falhas nos algoritmos. Além disso, investigar as possíveis consequências, inclusive as não intencionais, decorrentes do uso desses sistemas constitui uma perspectiva relevante para pesquisas futuras. Essa linha de investigação conecta-se diretamente aos achados da revisão que evidenciam a qualidade da

decisão como variável mediadora central entre o uso da IA e os resultados de custo, especialmente nos estudos que tratam a IA como suporte à decisão. Ademais, a interpretabilidade pode ser compreendida como um fator moderador, na medida em que influencia a confiança, a adoção e o uso efetivo dos sistemas, impactando indiretamente os resultados econômicos. Jinad, Islam e Shashidhar (2024) sugerem que trabalhos futuros podem integrar técnicas adicionais de IA em modelos de aprendizado de máquina para classificação de fragmentos de arquivos para melhorar a interpretabilidade. Além disso, esses autores destacam que investigar o impacto de diferentes conjuntos de recursos e arquiteturas de modelos na interpretabilidade pode contribuir para novos avanços na área. Jiao, Zhang e D'souza (2023), por sua vez, incentivam pesquisas futuras a incluírem perspectivas mais diversas na concepção e avaliação de produtos de IA de última geração, juntamente com considerações sobre as consequências não intencionais e a necessidade de monitoramento contínuo. Nesse sentido, pesquisas futuras podem avançar ao investigar como a interpretabilidade influencia os mecanismos mediadores (como qualidade da decisão e automação) e, conseqüentemente, os resultados de custo, bem como ao explorar suas interações com outras variáveis contextuais identificadas na revisão.

4.2. Ética e viés na análise de custos

Investigar formas de garantir a ética e a imparcialidade nas análises de custos baseadas em IA, incluindo a identificação e a mitigação de vieses nos dados, algoritmos e decisões resultantes. Essa agenda se ancora diretamente nos resultados da revisão que apontam a qualidade dos dados como um dos principais fatores moderadores da eficácia da IA, influenciando tanto a precisão preditiva quanto a eficiência dos modelos. Além disso, questões de viés e ética impactam diretamente os mecanismos mediadores, uma vez que dados enviesados podem comprometer a qualidade das previsões e decisões, afetando os resultados econômicos. Sobre este ponto, Ferrara (2023) argumenta que é necessário, por exemplo, diversificar as equipes envolvidas no desenvolvimento e avaliação da IA, pois isso proporciona uma multiplicidade de perspectivas que podem melhor identificar e corrigir vieses. Liang, Le, Ham, Mantha, Cheng e Lin (2024) destacam que futuras aplicações de inteligência artificial devem ser treinadas não apenas para competências de automação, mas também para aspectos relacionados aos regulamentos de segurança, pois, embora níveis mais elevados de automação possam ser teoricamente possíveis para a tomada de decisões, permanece necessária uma intervenção humana robusta. Dessa forma, pesquisas futuras podem explorar como fatores éticos e vieses atuam como variáveis moderadoras críticas, condicionando a relação entre o uso da IA (variável independente) e os resultados de custo (variáveis dependentes), especialmente em contextos nos quais a IA substitui ou complementa o julgamento humano.

4.3. Uso da IA na otimização da gestão da cadeia de suprimentos

Investigar estratégias para a manutenção contínua e a atualização de modelos de IA na análise de custos, considerando a adaptação a novos dados da gestão da cadeia de suprimentos, a evolução dos requisitos do negócio e a garantia da relevância e precisão ao longo do tempo. Essa linha de pesquisa está diretamente relacionada aos achados da revisão que destacam a

IA como mecanismo de otimização e eficiência operacional, especialmente em contextos produtivos e logísticos, nos quais a redução de custos ocorre por meio da melhoria da alocação de recursos e da automação de processos. Além disso, a necessidade de atualização contínua dos modelos conecta-se à dimensão de capacidade organizacional (*AI capability*) identificada no framework teórico, evidenciando que a geração de valor depende da integração entre tecnologia, dados e competências organizacionais. Nesse sentido, a cadeia de suprimentos representa um contexto particularmente relevante, pois envolve sistemas dinâmicos e interdependentes, nos quais os efeitos da IA são condicionados por fatores como qualidade dos dados, integração de sistemas e capacidade de adaptação. Cannas, Ciano, Saltalamacchia e Secchi (2024), por exemplo, citam que estudos futuros podem explorar ainda mais a utilização da IA em processos de devolução, e que também podem inspirar-se nos desenvolvimentos recentes da *Association for Supply Chain Management*, a qual amplia a visão de processos dada pelo SCOR com uma visão baseada em Capacidades Digitais, sintetizada no Modelo de Capacidades Digitais. Assim, pesquisas futuras podem investigar como a integração da IA com processos da cadeia de suprimentos potencializa os mecanismos mediadores (como eficiência e automação) e como fatores moderadores (como qualidade dos dados e capacidade organizacional) influenciam a sustentabilidade dos ganhos de custo ao longo do tempo.

Essa agenda de pesquisa contribui para o avanço do conhecimento ao articular explicitamente os temas investigados com os elementos analíticos identificados na revisão, especialmente no que se refere às relações entre variáveis independentes (uso da IA), mediadoras (predição, automação, eficiência), moderadoras (qualidade dos dados, interpretabilidade, capacidade organizacional) e dependentes (custos e desempenho). Ao fazê-lo, supera abordagens genéricas e propõe caminhos mais estruturados para o desenvolvimento de pesquisas futuras, alinhados ao framework teórico proposto, bem como às lacunas empíricas identificadas nos estudos analisados.

5 CONCLUSÃO

Como conclusão, depreende-se que a IA desempenha um papel crucial na otimização de processos, na redução de custos e na melhoria da eficiência em diversas áreas da análise de custos. As aplicações da IA abrangem desde a gestão de resíduos e a previsão de consumo de energia, até a análise de custo-benefício e a manutenção de sistemas, demonstrando a versatilidade e o potencial dessa tecnologia para impulsionar a inovação e a sustentabilidade em diferentes setores.

Do ponto de vista teórico, as implicações da inteligência artificial na análise de custos destacam a importância do uso de modelos baseados em aprendizado de máquina, redes neurais e algoritmos avançados para aprimorar a precisão e a rapidez das estimativas de custos. Além disso, a IA permite identificar padrões em dados históricos, melhorar a tomada de decisões e prever comportamentos complexos, contribuindo para uma análise mais abrangente e eficaz dos custos em projetos e processos diversos, bem como ampliando a compreensão dos mecanismos pelos quais essa tecnologia influencia os resultados econômicos e organizacionais.

Na prática, a implementação da inteligência artificial na análise de custos traz benefícios tangíveis, como a redução de desperdícios, a economia de recursos, a melhoria da eficiência operacional e a tomada de

decisões mais embasadas. Ao integrar a IA em sistemas de gestão, manutenção e planejamento, as organizações podem alcançar resultados significativos em termos de economia de custos, sustentabilidade e competitividade no mercado. Em suma, a inteligência artificial se mostra não apenas como uma ferramenta poderosa para a análise de custos, mas também como um catalisador para a inovação e o progresso em diversos setores da economia.

As implicações para a área da gestão e da tecnologia são significativas. Além dos benefícios operacionais identificados, a integração da inteligência artificial na análise de custos favorece uma gestão financeira mais precisa, permitindo uma visão mais abrangente dos custos e benefícios associados a diferentes decisões. Além disso, a utilização de métodos de análise de custos baseados em inteligência artificial pode contribuir para a competitividade das empresas no mercado, ao possibilitar a identificação de oportunidades de otimização e aprimoramento dos processos internos. A transparência e a interpretabilidade dos modelos de IA também são aspectos importantes a serem considerados, pois permitem que os gestores compreendam como as decisões são tomadas e identifiquem possíveis vieses ou falhas nos algoritmos.

Adicionalmente, este estudo contribui ao evidenciar que a incorporação da inteligência artificial na análise de custos demanda não apenas avanços tecnológicos, mas também capacidades organizacionais, competências gerenciais e alinhamento estratégico. Os resultados da revisão permitiram, ainda, propor um framework teórico integrador e uma agenda de pesquisa fundamentada nas lacunas identificadas na literatura, oferecendo subsídios para o desenvolvimento de novas investigações e para o aprimoramento das práticas organizacionais. Nesse sentido, a articulação entre gestão, tecnologia e tomada de decisão reforça o caráter interdisciplinar do tema e amplia o debate na área da Administração, Logística e afins, especialmente no que se refere à transformação digital, à governança dos dados e ao uso responsável da IA. Assim, a pesquisa reforça a relevância de abordagens integradas que considerem simultaneamente aspectos técnicos, organizacionais e estratégicos, contribuindo para o amadurecimento do campo e para o desenvolvimento de práticas gerenciais mais robustas e sustentáveis.

Portanto, a adoção de tecnologias de inteligência artificial na análise de custos pode representar uma oportunidade para as organizações aprimorarem sua gestão financeira, tornando-as mais eficientes, competitivas e preparadas para enfrentar os desafios do mercado atual. Este estudo possui limitações inerentes ao recorte metodológico adotado, uma vez que a revisão considerou apenas artigos científicos indexados nas bases Web of Science e Scopus, excluindo outras fontes relevantes, como livros, artigos de congressos e literatura cinzenta.

Declaração de financiamento: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ADEYERI, T. B. Automating accounting processes: How AI is streamlining financial reporting. **Journal of Artificial Intelligence Research**, v. 4, n. 1, p. 72-90, 2024.

AGRAWAL, Ajay; GANS, Joshua S.; GOLDFARB, Avi. Exploring the impact of artificial intelligence: Prediction versus judgment. **Information Economics and Policy**, v. 47, p. 1-6, 2019.

ALOTAIBI, Mshari A. et al. Optimization and cost analysis evaluation studies of the biodiesel production from waste cooking oil using Na-Si/Ce-500 heterogeneous catalyst. **Biomass and Bioenergy**, v. 182, p. 107078, 2024.

ALVARADO-PÉREZ, Juan C.; PELUFFO-ORDÓÑEZ, Diego H. Artificial and natural intelligence integration. In: **Distributed Computing and Artificial Intelligence, 12th International Conference**. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 167-173.

ASIF, Tajammal et al. The impact of artificial intelligence on financial forecasting. **Bulletin of Management Review**, v. 2, n. 2, p. 646-667, 2025.

BLESSING, Alex Chinaza; IFEANYI, Ogunjiofor Emmanuel. Cost estimation and analysis for better project budgeting. **Journal of Engineering Research and Reports**, v. 27, n. 7, p. 418-426, 2025.

CANNAS, Violetta Giada et al. Artificial intelligence in supply chain and operations management: a multiple case study research. **International Journal of Production Research**, v. 62, n. 9, p. 3333-3360, 2024.

CARRERA, Berny et al. Environmental sustainability: A machine learning approach for cost analysis in plastic recycling classification. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 197, p. 107095, 2023.

COBO, Manuel J. et al. Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 62, n. 7, p. 1382-1402, 2011.

DE KEIJZER, Ilonka N.; VISTISEN, Simon T.; SCHEEREN, Thomas W. L. Artificial Intelligence and Predictive Analytics. In: **Advanced Hemodynamic Monitoring: Basics and New Horizons**. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 287-293.

DE LIMA, Orlem Pinheiro et al. A inteligência de negócios como ferramenta estratégica para a tomada de decisão: uma abordagem teórico-empírica sobre business intelligence. Interference: **A Journal of Audio Culture**, v. 11, n. 2, p. 3697-3731, 2025.

DEL BARRIO-GARCIA, Salvador; PRADOS-PEÑA, Ma Belén. Do brand authenticity and brand credibility facilitate brand equity? The case of heritage destination brand extension. **Journal of Destination Marketing & Management**, v. 13, p. 10-23, 2019.

DONTHU, Naveen et al. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 133, p. 285-296, 2021.

DUTTA, Nabanita et al. Life cycle cost analysis of pumping system through machine learning and hidden Markov model. **Processes**, v. 11, n. 7, p. 2157, 2023.

ESFAHANI, Hossein; TAVASOLI, Keyvan; JABBARZADEH, Armin. Big data and social media: A scientometrics analysis. **International Journal of Data and Network Science**, v. 3, n. 3, p. 145-164, 2019.

FAN, Qunpeng. Management and policy modeling of the market using artificial intelligence. **Sustainability**, v. 14, n. 14, p. 8503, 2022.

FERRARA, Emilio. Fairness and bias in artificial intelligence: A brief survey of sources, impacts, and mitigation strategies. **Sci**, v. 6, n. 1, p. 3, 2023.

GUSC, Joanna et al. The big data, artificial intelligence, and blockchain in true cost accounting for energy transition in Europe. **Energies**, v. 15, n. 3, p. 1089, 2022.

HANSEN, Stephen C. Cost analysis, cost reduction and competition. **Journal of Management Accounting Research**, v. 10, p. 181-203, 1998.

HASAN, Ahmed Rizvan. Artificial Intelligence (AI) in accounting & auditing: A Literature review. **Open Journal of Business and Management**, v. 10, n. 1, p. 440-465, 2021.

HENDRIKS, S. V. **Risk stratification of outpatient management in acute venous thromboembolism**. 2022. Tese (Doutorado) – Leiden University, Leiden, 2022.

HUNG, Ai-Jen et al. Cost analysis of proton exchange membrane fuel cell systems. **AIChE Journal**, v. 54, n. 7, p. 1798-1810, 2008.

JIAO, Weiqi; ZHANG, Xuan; D'SOUZA, Fabian. The economic value and clinical impact of artificial intelligence in healthcare: a scoping literature review. **IEEE Access**, v. 11, p. 123445-123457, 2023.

JINAD, Razaq; ISLAM, A. B. M.; SHASHIDHAR, Narasimha. Interpretability and transparency of machine learning in file fragment analysis with explainable artificial intelligence. **Electronics**, v. 13, n. 13, p. 2438, 2024.

KOBETS, Vitaliy; KOZLOVSKYI, Kyrylo. Application of chat bots for personalized financial advice. **Herald of Advanced Information Technology**, v. 5, p. 229-242, 2022.

LIANG, Ci-Jyun et al. Ethics of artificial intelligence and robotics in the architecture, engineering, and construction industry. **Automation in Construction**, v. 162, p. 105369, 2024.

MAHMOUD, Ahmed S.; MOSTAFA, Mohamed K.; NASR, Mahmoud. Regression model, artificial intelligence, and cost estimation for phosphate adsorption using encapsulated nanoscale zero-valent iron. **Separation Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 13-26, 2019.

MANEA, Alessandro; DOLCI, Giovanni; GROSSO, Mario. Life cycle assessment and cost analysis of an innovative automatic system for sorting municipal solid waste: A case study at Milan Malpensa Airport. **Waste Management**, v. 183, p. 63-73, 2024.

MANSOOR, Ibrahim; DAR, Farhan Javed. Utilizing data analytics and business intelligence tools in laboratory workflow. **EJIFCC**, v. 35, n. 1, p. 34, 2024.

NASR, Mahmoud; ATEIA, Mohamed; HASSAN, Kareem. Artificial intelligence for greywater treatment using electrocoagulation process. **Separation Science and Technology**, v. 51, n. 1, p. 96-105, 2016.

NGULUBE, Khumbolake Faith et al. Synergism of artificial intelligence and techno-economic for sustainable treatment of methylene blue dye-containing wastewater by photocatalysis. **Sustainability**, v. 16, n. 2, p. 529, 2024.

NUNES, Leonel JR. Potential exportation of wood pellets and torrefied biomass pellets logistics cost analysis: A comparative case study from Portugal. **AIMS Energy**, v. 12, n. 1, p. 45-61, 2024.

PAUL, L. R.; SADATH, L.; MADANA, A. Artificial intelligence in predictive analysis of insurance and banking. In: **Artificial Intelligence: Fundamentals and applications (1st ed.)**. Boca Raton: CRC Press, 2021. p. 31-54.

PEDERSINI, Daiana Rafaela et al. Interorganizational performance evaluation: metrics for interorganizational cost management. **Revista de Administração da UFSM**, v. 18, n. 1, p. e6, 2025.

PRANCKUTĖ, Raminta. Web of Science (WoS) and Scopus: The titans of bibliographic information in today's academic world. **Publications**, v. 9, n. 1, p. 12, 2021.

PROTO, Andrea Rosario et al. 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**, v. 41, n. 1, p. 35-47, 2020.

RANE, Nitin; CHOUDHARY, Saurabh; RANE, Jayesh. Integrating ChatGPT, Bard, and leading-edge generative artificial intelligence in building and construction industry: applications, framework, challenges, and future scope. **SSRN Electronic Journal**, [S. l.], p. 1-34, 2023.

RODRIGUEZ III, Roberto et al. Comparing interpretation of high-resolution aerial imagery by humans and artificial intelligence to detect an invasive tree species. **Remote Sensing**, v. 13, n. 17, p. 3503, 2021.

ROJAS-LAMORENA, Álvaro J.; DEL BARRIO-GARCÍA, Salvador; ALCÁNTARA-PILAR, Juan Miguel. A review of three decades of academic research on brand equity: A bibliometric approach using co-word analysis and bibliographic coupling. **Journal of Business Research**, v. 139, p. 1067-1083, 2022.

SADEK, Ahmed H.; MOSTAFA, Mohamed K. Preparation of nano zero-valent aluminum for one-step removal of methylene blue from aqueous solutions: cost analysis for scaling-up and artificial intelligence. **Applied Water Science**, v. 13, n. 2, p. 34, 2023.

WANG, Bin; YUAN, Jianjun; GHAFOR, Kayhan Zrar. Research on construction cost estimation based on artificial intelligence technology. **Scalable Computing: Practice and Experience**, v. 22, n. 2, p. 93-104, 2021.

WEGMANN, Martin; JAUME-SANTERO, Fernando. Artificial intelligence achieves easy-to-adapt nonlinear global temperature reconstructions using minimal local data. **Communications Earth & Environment**, v. 4, n. 1, p. 217, 2023.

WU, Qiong et al. Analysis and prediction of industrial energy consumption behavior based on big data and artificial intelligence. **Energy Reports**, v. 9, p. 395-402, 2023.

YANG, Bo; HUANG, Zongfang. The application research of artificial intelligence in logistics field. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT COMPUTING, AUTOMATION AND APPLICATIONS (ICAA), 2021. **Proceedings** [...]. Piscataway: IEEE, 2021. p. 203-208.

YE, Zhirui et al. Benefit-cost analysis of maintenance decision support system. **Transportation Research Record**, v. 2107, n. 1, p. 95-103, 2009.

ZHANG, Ruijun; MIRZAEI, Parham A. Virtual dynamic coupling of computational fluid dynamics-building energy simulation-artificial intelligence: Case study of urban neighbourhood effect on buildings' energy demand. **Building and Environment**, v. 195, p. 107728, 2021.