UFSM

RGC
Revista de Gestão e Organizações Cooperativas

ISSN 2359-0432
ACESSO ABERTO

RGC, Santa Maria, v. 13, n. 25, e93446, 2026 • https://doi.org/10.5902/2359043293446
Submissão: 17/02/2025 • Aprovação: 25/06/2025 • Publicação: 26/11/2026

EBPC

Análise bibliométrica da modelagem matemática para abertura e localização de armazéns de soja

Bibliometric analysis for mathematical model for opening and locating soybean warehouses

Análisis bibliométrico de la modelización matemática para la apertura y localización de almacenes de soja

Douglas Pereira Silva[I], **Luiz Honorato da Silva Junior**[I], **Eduardo Simão de Souza Vieira**[I]

[I] Universidade de Brasília, Brasilia, DF, Brasil
[II] Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil

RESUMO

Este estudo teve como objetivo mapear a produção científica internacional sobre modelagem matemática aplicada à abertura e localização de armazéns de grãos. Para isso, realizou-se uma análise bibliométrica na base de dados Web of Science (WOS), com apoio do software VOSviewer, contemplando publicações entre 2020 e 2024. Foram identificados 1.204 artigos, permitindo evidenciar os países, instituições, autores, citações e palavras-chave mais recorrentes na área. Adicionalmente, foi conduzida uma análise de hot topics, que destacou tendências emergentes e lacunas de pesquisa. Os resultados confirmam o crescimento do tema no cenário acadêmico global e oferecem subsídios para futuras investigações sobre logística agrícola, otimização de recursos e competitividade do agronegócio.

Palavras-chave: Modelagem matemática; Armazéns; Otimização; Bibliometria; Logística agrícola

ABSTRACT

This study aimed to map the international scientific production on mathematical modeling applied to the opening and location of grain warehouses. A bibliometric analysis was conducted using the Web of Science (WOS) database and processed with the VOSviewer software, covering publications from 2020 to 2024. A total of 1,204 articles were identified, allowing the identification of the most relevant countries, institutions, authors, citations, and keywords in the field. Additionally, a hot topic analysis was performed, highlighting emerging research trends and gaps in literature. The findings confirm the

Artigo publicado por Revista de Gestão e Organizações Cooperativas sob uma licença CC BY-NC-SA 4.0.

growing relevance of this topic in the global academic context and provide insights to guide future research on agricultural logistics, resource optimization, and agribusiness competitiveness.

Keywords: Mathematical modeling; Warehouses; Optimization; Bibliometrics; Agricultural logistics

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo mapear la producción científica internacional sobre modelado matemático aplicado a la apertura y localización de almacenes de granos. Para ello, se realizó un análisis bibliométrico en la base de datos Web of Science (WOS), con el apoyo del software VOSviewer, abarcando publicaciones entre 2020 y 2024. Se identificaron 1.204 artículos, lo que permitió destacar los países, instituciones, autores, citas y palabras clave más recurrentes en el área. Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de *hot topics* (temas de actualidad), que puso de relieve tendencias emergentes y brechas de investigación. Los resultados confirman el crecimiento del tema en el ámbito académico global y ofrecen fundamentos para futuras investigaciones sobre logística agrícola, optimización de recursos y competitividad del agronegocio.

Palabras clave: Modelado matemático; Almacenes; Optimización; Bibliometría; Logística agrícola

1 INTRODUÇÃO

A definição da localização de armazéns de soja exige pesquisas específicas e a análise de variáveis regionais que influenciam custos e eficiência logística. A complexidade dessa decisão decorre, sobretudo, dos custos operacionais, em especial os de transporte (Cardona e Rivera-Cadavid, 2024). O Brasil, líder mundial na produção e exportação de soja, enfrenta desvantagens competitivas devido à predominância do modal rodoviário, que encarece o escoamento (Dos Reis, Leal e Thomé, 2023).

A escolha inadequada da localização pode comprometer o planejamento logístico, gerar ineficiências operacionais e dificultar a adaptação a variações de mercado, como oscilações de preços e demanda (Silva, Reis e Leitão, 2018; Cardona e Rivera-Cadavid, 2024). Esses fatores impactam diretamente a margem de lucro e a competitividade dos produtores no longo prazo.

Modelos de otimização representam uma alternativa estratégica para minimizar tais riscos, melhorando o planejamento e fortalecendo a competitividade do agronegócio brasileiro, especialmente diante da expansão da produção de grãos

e da crescente demanda por sustentabilidade (Santos, Campagnaro e Zambuzi, 2022). A modelagem matemática, consolidada desde Shannon (1948), evoluiu para aplicações complexas, como o estudo de sistemas de transporte de grãos em diferentes condições operacionais (Pezo et al., 2021). Sua relevância abrange desde grandes cadeias logísticas até pequenos produtores, que podem aumentar sua eficiência operacional e tática por meio de tais ferramentas (Sanjari-Parizi *et al*., 2024; Fuzikawa, Reis e Sandi, 2023).

Diante desse contexto, este trabalho realiza uma análise bibliométrica sobre modelagem matemática aplicada à abertura e localização de armazéns. Busca-se identificar a evolução das publicações, os principais países, instituições, autores e palavras-chave associados ao tema, de forma a mapear o estado da arte e evidenciar lacunas para futuras pesquisas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção será útil para nortear a apresentação dos resultados da pesquisa. Inicialmente serão apresentados os conceitos fundamentais de Pesquisa Operacional e o seu uso para otimizar localizações e, em seguida, será abordado o problema de armazenamento de grãos e o seu déficit no Brasil.

2.1 A Pesquisa Operacional e o seu uso para Definição de Localização

A Pesquisa Operacional (PO), desenvolvida durante a Segunda Guerra Mundial para otimizar processos logísticos, é uma ferramenta valiosa para resolver problemas complexos, fornecendo dados concretos, para apoiar a tomada de decisões dos gestores (Longaray, 2017).

Compreende-se a utilização da PO para resolução de problemas simples e complexos de equações que resultam em dados finais confiáveis para tomada de decisão dos gestores. A utilização da matemática é ampla e aplicada em diversos setores para resolução de problemas com métodos quantitativos (Arenales, 2015).

A definição da localização de armazéns é um dos problemas centrais da Pesquisa Operacional (PO) aplicada à logística e ao agronegócio, sendo historicamente modelada por meio de problemas de p-medianas, de cobertura ou de custo fixo. Contudo, a literatura recente tem avançado ao incorporar dimensões de incerteza, sustentabilidade e múltiplos critérios de decisão, refletindo as novas demandas de competitividade e eficiência em cadeias produtivas globalizadas.

Nesse sentido, Cheng et al. (2024) apresentam uma formulação distribucionalmente robusta para o problema de localização de armazéns capacitados sob demanda e capacidade incertas, demonstrando que a modelagem com *ambiguity sets* correlacionados oferece soluções mais resilientes do que a programação estocástica tradicional. De maneira complementar, Basciftci (2022) explora a influência da demanda endógena nos problemas de localização, ao propor um modelo distribucionalmente robusto em que as decisões de abertura de instalações alteram a própria incerteza da demanda, aspecto cada vez mais relevante em contextos de e-commerce e omnicanalidade.

Outra vertente de investigação está relacionada à integração entre critérios econômicos, ambientais e sociais. Sanjari-Parizi *et al.* (2024) introduzem métodos inovadores para a seleção sustentável de locais de armazenagem, utilizando limites de alteração de valor e acúmulo de alternativas como mecanismos para lidar com múltiplos critérios de decisão. De forma semelhante, Pajić *et al.* (2024) desenvolveram um modelo multicritério para apoiar prestadores de serviços logísticos na definição de novos armazéns, demonstrando a viabilidade de sua aplicação prática.

A literatura também tem buscado integrar métodos subjetivos e objetivos para melhorar a robustez das decisões. Keshavarz-Ghorabaee (2021) propõem a combinação de técnicas como Swara II, Merec e Waspas com simulação Monte Carlo para a escolha de locais de centros de distribuição, reduzindo vieses individuais e permitindo verificar a consistência das alternativas. No contexto europeu, Muerza *et al.* (2024) avaliaram possíveis locais para centros de distribuição internacionais considerando vinte e cinco

critérios distribuídos em sete dimensões, comparando os métodos ANP e DEMATEL-ANP. Os resultados evidenciaram consistência entre os métodos e forneceram um roteiro de priorização robusto para gestores logísticos.

Além do setor privado, a PO também tem sido aplicada em contextos humanitários. Erden *et al*. (2024) utilizaram o método *Best-Worst* para ponderar critérios de seleção de centros de distribuição destinados a operações de resposta a desastres, como população atendida, acessibilidade rodoviária e aeroportuária, risco de desastres e infraestrutura disponível. Esses resultados reforçam a transferibilidade das técnicas de otimização para diferentes contextos logísticos.

Por fim, trabalhos recentes vêm incorporando Sistemas de Informação Geográfica (SIG) em modelos de localização baseados em p-medianas condicionais, permitindo calcular distâncias reais de rede viária. Essa abordagem tem demonstrado reduções significativas nas distâncias médias de entrega, evidenciando a relevância prática da integração entre PO e ferramentas geoespaciais (Zhang *et al.*, 2022).

Pode-se perceber que se observa uma evolução da PO aplicada à localização de armazéns, que migra de modelos determinísticos para formulações robustas, multicritério e sensíveis a dados reais. Tais avanços fortalecem a capacidade de resposta das cadeias logísticas, aumentam a competitividade em mercados globalizados e oferecem subsídios estratégicos para decisões no agronegócio brasileiro.

2.2 Armazéns de grãos e o déficit de armazenagem no Brasil

Os armazéns de grãos representam um elo estratégico na cadeia produtiva agrícola, podendo corresponder a até 50% dos custos logísticos totais (Paoleschi, 2018). A definição entre possuir armazéns próprios ou recorrer à terceirização envolve não apenas aspectos financeiros, mas também fatores de competitividade, já que a armazenagem adequada permite maior flexibilidade de comercialização, redução de perdas e maior eficiência no escoamento da produção. Além dos aspectos logísticos, a literatura evidencia que condições de armazenamento — como tempo, ambiente

e localização — influenciam diretamente a qualidade e conservação de produtos agrícolas, afetando sua durabilidade e valor de mercado (Akan; Güneş, 2021).

No Brasil, a carência de estruturas de armazenagem nas propriedades rurais é uma das principais fragilidades da cadeia logística. Muitos produtores, especialmente os de médio e pequeno porte, não dispõem de silos ou armazéns próprios, o que os obriga a comercializar a safra imediatamente após a colheita, quando os preços estão pressionados pela elevada oferta (Ribeiro *et al.*, 2010). Tal realidade reduz a lucratividade do agricultor e limita seu poder de negociação. Nesse contexto, estudos recentes indicam que a modelagem matemática pode servir como ferramenta de apoio tanto para produtores quanto para instituições financeiras, orientando a identificação de locais e oportunidades para a construção de novas estruturas de armazenagem (Silva, 2024).

O problema se torna ainda mais crítico diante da expansão da produção nacional de grãos. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025), a safra 2024/25 deve alcançar 339,6 milhões de toneladas, ao passo que a capacidade estática de armazenagem, segundo o IBGE (2024), é de apenas 223 milhões de toneladas. Isso significa um déficit superior a 100 milhões de toneladas, distribuído de forma desigual pelo território nacional e com impactos diretos sobre a eficiência logística. Pesquisas apontam que esse déficit atinge todos os estados brasileiros, configurando um gargalo estrutural que compromete a competitividade do agronegócio (Da Silva *et al.*, 2024).

A insuficiência de armazéns também agrava outros problemas logísticos. A ausência de capacidade para estocagem local força a antecipação do transporte da produção, intensificando a sobrecarga das rodovias e portos. Filas de caminhões em terminais portuários, deterioração da malha viária e aumento das emissões de dióxido de carbono (CO_2) são consequências diretas dessa limitação (Leitão, Oppelt e Da Silva, 2023). Além disso, a dependência excessiva do modal rodoviário eleva

custos, aumenta riscos e amplia a vulnerabilidade da cadeia frente a oscilações de mercado e gargalos de infraestrutura.

Portanto, a questão da armazenagem de grãos no Brasil transcende o aspecto operacional, configurando-se como um desafio estratégico de política agrícola, planejamento logístico e sustentabilidade.

2.3 Estudos brasileiros sobre localização ótima de armazenagem de grãos

A literatura brasileira sobre a localização de unidades de armazenagem de grãos apresenta uma trajetória que combina diagnósticos regionais, estudos de viabilidade econômica e aplicações de métodos de Pesquisa Operacional (PO) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Essa evolução reflete o esforço de alinhar técnicas quantitativas às especificidades do agronegócio nacional, caracterizado por forte expansão da produção e déficits persistentes de capacidade estática.

Estudos pioneiros, como o de Bragatto (2001), já destacavam a importância de metodologias quantitativas para avaliar investimentos em infraestrutura de armazenagem, utilizando estatística e análise de risco em um estudo de caso de otimização de sistemas. A partir da década de 2010, trabalhos mais aplicados começaram a surgir, evidenciando a relevância do custo de transporte na cadeia logística da soja. Ribeiro *et al*. (2010), por exemplo, analisaram a rota Maringá–Paranaguá e demonstraram que os custos logísticos comprometem significativamente a competitividade, apontando a armazenagem como um dos elementos críticos de decisão.

Na última década, cresceu a utilização de métodos multicritério e SIG. Barboza (2014) aplicou o método AHP combinado ao MAVT na seleção de investimentos em armazéns de soja, concluindo que critérios como redução de custos logísticos e potencial de expansão de mercado são determinantes para a decisão. Em linha semelhante, Souza (2019) desenvolveu uma dissertação sobre Minas Gerais, integrando análise multicritério espacial e modelos de localização-alocação. O estudo revelou que a maioria dos municípios mineiros apresentava déficit de armazenagem, destacando o

Sul/Sudoeste como regiões de alta adequação e o Noroeste como área prioritária pela extensão territorial e carência de infraestrutura.

A abordagem espacial também foi adotada por Valente *et al.* (2011), que propuseram um sistema de apoio à decisão para determinação de custos em operações de armazenagem, e por estudos aplicados à região do MATOPIBA, que utilizaram análise multicritério espacial para identificar áreas de maior potencial para novos armazéns (Souza *et al*., 2023). Esses trabalhos reforçam a utilidade da integração entre SIG e MCDA na formulação de políticas de localização.

Mais recentemente, pesquisas têm incorporado critérios socioeconômicos e ambientais. Um exemplo é o estudo desenvolvido no âmbito da região SEALBA, no qual o AHP foi aplicado para identificar a melhor localização de armazéns graneleiros, apontando Paripiranga (BA) como a opção mais adequada ao considerar fatores além do custo de transporte, como aspectos ambientais e sociais (Universidade de Brasília, 2023). Essa mudança metodológica demonstra a evolução dos estudos brasileiros em direção a modelos mais sustentáveis e complexos.

No campo das contribuições institucionais, relatórios da CNA/Esalq-Log (2023) e da Infra S.A. (2025) têm enfatizado a gravidade do déficit nacional de armazenagem. A CNA revelou que 61% dos produtores não possuem infraestrutura própria, enquanto o boletim da Infra S.A. projetou que a safra de 2034 alcançará 379 milhões de toneladas, sem que a capacidade estática acompanhe essa expansão. Esses diagnósticos oficiais reforçam os resultados de teses e artigos, evidenciando a urgência de estratégias otimizadas para localização de armazéns.

Em síntese, os estudos brasileiros sobre localização ótima de armazenagem de grãos evidenciam três fases principais: (i) diagnósticos iniciais de custos e infraestrutura (Ribeiro *et al*., 2010; Bragatto, 2001), (ii) aplicações de métodos de PO e análise multicritério para casos regionais (Barboza, 2014; Souza, 2019; Valente *et al.*, 2011), e (iii) integração de critérios ambientais, sociais e de sustentabilidade, além de diagnósticos nacionais (CNA, 2023; INFRA S.A., 2025). Embora avanços metodológicos

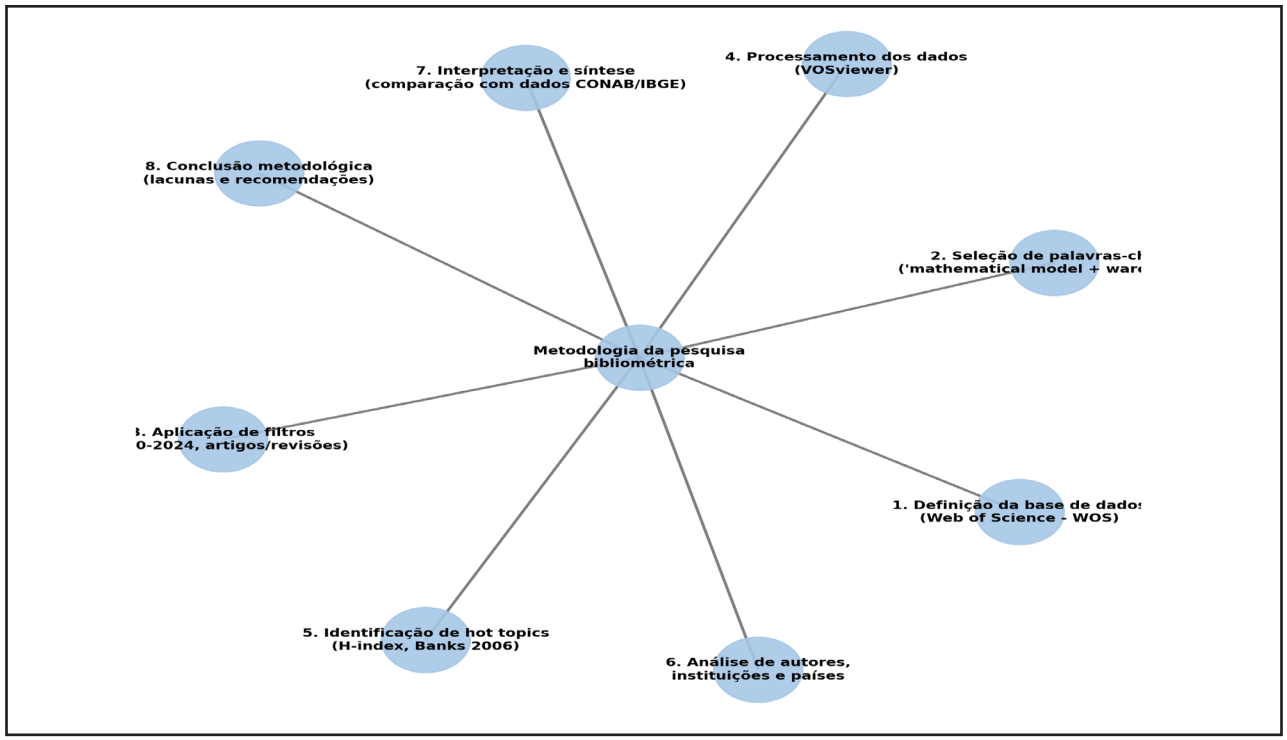
sejam evidentes, persistem lacunas quanto à incorporação de modelos dinâmicos que considerem a evolução futura da produção, a inclusão explícita de custos socioambientais e o monitoramento pós-implantação das unidades locadas.

3 METODOLOGIA

A pesquisa bibliométrica é um estudo quantitativo que trabalha com técnicas estatísticas que permite a análise de contribuição de pesquisas na comunidade acadêmica e seus avanços em determinado tema (Okubo, 1997).

A Figura 1 apresenta um mapa mental representando a metodologia da pesquisa.

Figura 1– Mapa Mental Radial Representando a Metodologia da Pesquisa Bibliométrica



Fonte: Elaborado pelos autores

Neste caso, tem como objetivo identificar os principais temas e autores na área de modelagem, instituições que mais publicam sobre o tema, assim como autores com grande relevância e países que estão crescendo em suas publicações sobre matemática aplicada a armazéns e silos. Conduziu-se uma busca abrangente na base

de dados *Web of Science (WOS)* em 11 de dezembro de 2024, utilizando as palavras-chave "*mathematical AND model AND Warehouse OR silo OR location AND warehouse*".

A escolha dessas palavras-chave foi fundamentada na intenção de capturar a amplitude do tema. Após aplicar filtros para restringir a análise a artigos e revisões publicadas nos últimos cinco anos, obteve-se um produto de 1.204 documentos.

A análise bibliométrica foi realizada utilizando o *software VOSviewer.* A ferramenta permitiu identificar as vinte palavras-chave mais frequentes e recorrentes nos documentos selecionados. As vinte palavras-chave com maior peso foram utilizadas para calcular o *H-index* no *WOS,* tanto no período de 2020 a 2024 quanto em toda a base de dados. O *H-index* foi escolhido como indicador de produtividade e impacto científico.

A partir dos resultados obtidos, foi possível identificar os "*hot topics*" na área no quadro 1, ou seja, os temas que têm recebido maior atenção da comunidade científica nos últimos anos, conforme metodologia proposta por Banks (2006).

Também é realizada uma análise no *software VOSviewer,* para verificar os autores que mais publicam sobre o tema, os países, o espaço temporal das publicações e as instituições que pesquisam sobre o tema. Assim a pesquisa dará subsídio para possíveis investigações sobre o tema, oportunizando ao público acadêmico identificar lacunas que precisam ser exploradas.

Essa análise permitiu mapear o estado da arte da pesquisa e identificar lacunas e oportunidades para futuras pesquisas.

4 RESULTADOS

A partir de análise proposta por Banks (2006), criou-se o Quadro 1, para identificar as publicações, anos, autores e descobrir a palavra-chave classificada como "*hot topic*" podendo assim direcionar as buscas por temas mais relevantes e que precisam de mais pesquisas para a literatura acadêmica.

Observa-se que os resultados M1 corresponde à divisão do *H-Index* da palavra-chave pela quantidade de anos transcorrida desde a primeira publicação. Os números

maiores ou iguais a dois, são considerados *"hot topic",* são temas muito estudados de várias áreas do conhecimento (Banks, 2006).

Os resultados abaixo de dois são considerados restritos, pois podem oferecer linhas de pesquisas para serem estudados, porém uma palavra-chave pesquisada há cinco anos e outra há quarenta e dois anos podem possuir escalas diferentes, como no caso da palavra-chave "*allocation".*

No Gráfico 1 podemos visualizar com clareza as palavras-chave e seus resultados de M1, assim destaca-se a apresentação da palavra-chave com o filtro de artigos, artigos de revisão e anos de publicação realizados no WOS e sem restrição de tempo com todos os parâmetros de publicação.

Quadro 1– Palavras-chave identificadas e classificação como "Hot Topic" ou "Restrito"

Nº	Palavra-chave	Publicação com filtro* (Ano inicial / H-index / M1)	Publicação sem filtro** (Ano inicial / H-index / M1)	Classificação
1	Model	2020 / 29 / 7,25	1974 / 92 / 1,84	Restrito
2	Design	2020 / 24 / 6,00	1982 / 70 / 1,67	Restrito
3	Optimization	2020 / 28 / 7,00	1982 / 82 / 1,95	Restrito
4	Algorithm	2020 / 29 / 7,25	1958 / 89 / 1,35	Restrito
5	Warehouse	2020 / 30 / 7,50	1949 / 102 / 1,36	Restrito
6	Order Picking	2019 / 38 / 7,60	1982 / 80 / 1,90	Restrito
7	Management	2018 / 41 / 6,83	1968 / 92 / 1,64	Restrito
8	Logistics	2018 / 92 / 15,33	1973 / 84 / 1,65	Restrito
9	Performance	2018 / 39 / 6,50	1982 / 84 / 2,00	Hot Topic
10	Location	2018 / 43 / 7,17	1949 / 102 / 1,36	Restrito
11	System	2019 / 42 / 8,40	1982 / 94 / 2,24	Hot Topic
12	Assignment	2019 / 38 / 7,60	1970 / 80 / 1,48	Restrito
13	Policies	2018 / 38 / 6,33	1982 / 79 / 1,88	Restrito
14	Time	2018 / 40 / 6,67	1953 / 86 / 1,21	Restrito
15	Facility Location	2018 / 38 / 6,33	1982 / 86 / 2,05	Hot Topic
16	Order-picking	2019 / 38 / 7,60	1982 / 79 / 1,88	Restrito
17	Simulation	2018 / 37 / 6,17	1982 / 78 / 1,86	Restrito
18	Models	2019 / 40 / 8,00	1974 / 92 / 1,84	Restrito
19	Inventory	2018 / 37 / 6,17	1982 / 80 / 1,90	Restrito
20	Allocation	2019 / 38 / 7,60	1982 / 76 / 1,81	Restrito

Fonte: elaborado pelos autores baseados em Banks (2006)

*Com filtro: artigos e revisões publicados entre 2020 e 2024

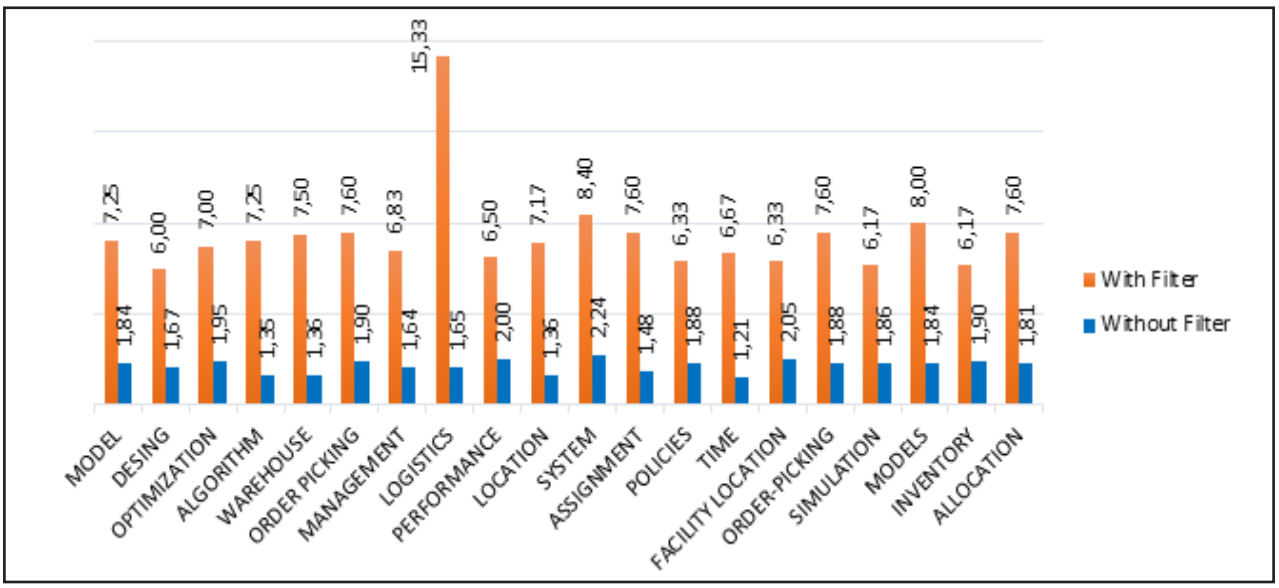
**Sem filtro: todas as publicações disponíveis na base WOS

CC BY NC SA

Com esses dados pode-se criar estratégias e palavras-chave na busca de trabalhos para pesquisa, realizando análises incansáveis até encontrar as palavras-chave que possam subsidiar os futuros trabalhos sobre a temática para resolução de lacunas.

Conforme demonstra o Gráfico 1, e considerando os números obtidos na pesquisa sem a aplicação de filtros, observa-se que a palavra-chave mais recorrente foi "*logistics*", enquanto "*design*" apresentou a menor frequência. Esse resultado sugere uma lacuna de pesquisa e, portanto, uma oportunidade de investigação mais aprofundada sobre esta última temática. A análise das palavras-chave e seus respectivos resultados no software *VOSviewer* evidenciou uma dispersão considerável dos pontos, com baixa concentração de autores dedicados ao tema, o que reforça o potencial de exploração científica na área.

Gráfico 1 – Resultado das palavras-chave com e sem filtro

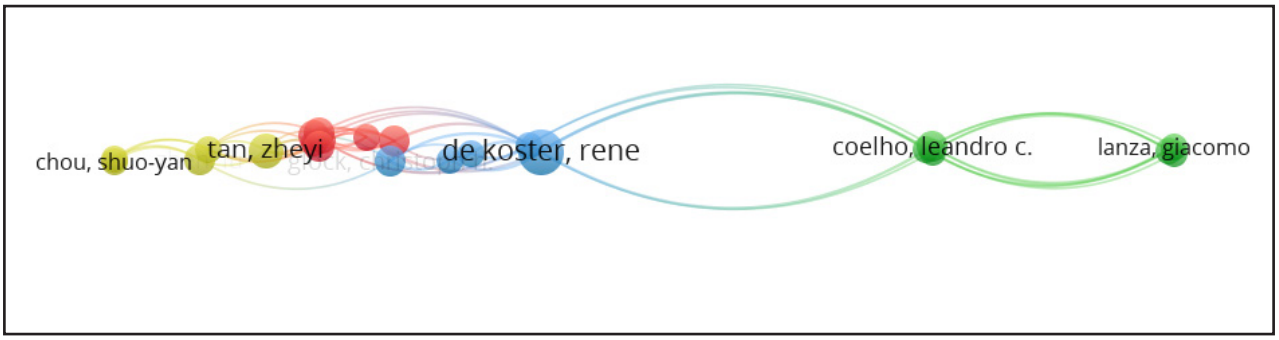


Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

O software oferece a possibilidade de verificar os autores mais influentes e citados nas pesquisas sobre o tema de modelagem matemática para localização de armazéns de soja. Shaikh (2024) propôs um modelo de inventário de dois estoques que considera a

restrição de itens, pagamento parcial adiantado e políticas de crédito comercial em dois níveis, ignorando a relação entre os períodos de crédito oferecidos aos varejistas e clientes.

Figura 1 – Autores mais influentes encontrados da base de dados da pesquisa WOS



Fonte: Extraído do *software VOSviewer* elaborado pelos autores

Assim como De Koster, Sarkar, Lerher, pesquisadores de eficiência e desempenho organizacional e Tan, que pesquisa eficiência em transporte, todos voltados para logística e com linhas de pesquisas distintas, como em De Koster, Le-Duc e Roodbergen (2007), Mukherjee *et al.* (2023), Lerher *et al.* (2021) e Zhang *et al.* (2022).

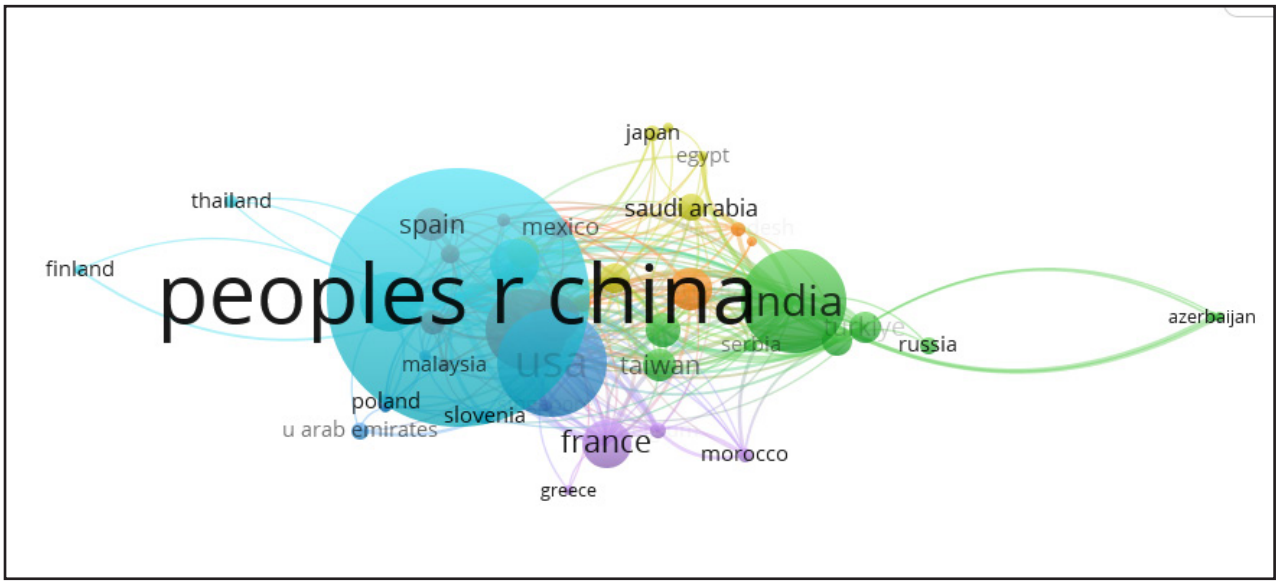
Confirma-se assim a lógica de grandes estudos de modelo matemático com palavra-chave e temas da logística, muito utilizado para resoluções de grandes desafios incluindo os inventários, onde o custo agregado do estoque é o maior desafio.

Os países que mais publicaram sobre o tema são apresentados na Imagem 2. Os conglomerados de pesquisas encontrados em todos os países mostram como o tema da modelagem matemática está sendo pesquisado pelos continentes.

Mas a PO vai além de problemas organizacionais, sendo utilizada nas lavouras e pequenos produtores como apresentado por Silva, Reis e Leitão (2018), que utilizam a modelagem matemática na piscicultura da região do Distrito Federal.

A China com 179 artigos produzido no período de 2020 a 2025, mostra sua valorosa dedicação para a comunidade acadêmica, assim como a Índia e os Estados Unidos com 72 e 75 publicações respectivamente.

Figura 2 – Países com maiores contribuições para modelagem matemática

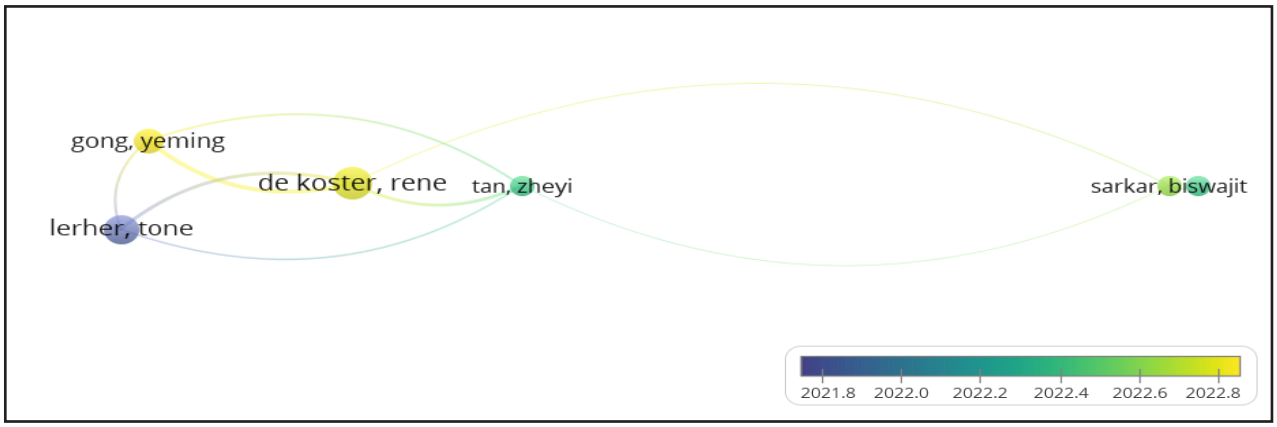


Fonte: Extraído do software *VOSviewer* elaborado pelos autores

Países como a Espanha, França e Finlândia possuem potenciais para alavancar temas sobre modelagem matemática na abertura de armazéns de soja e sua localização. Porém a China é o país que mais colaborada para o desenvolvimento de pesquisas no tema, seguido da Índia que também possui grande potencial para produção de pesquisas para comunidade acadêmica.

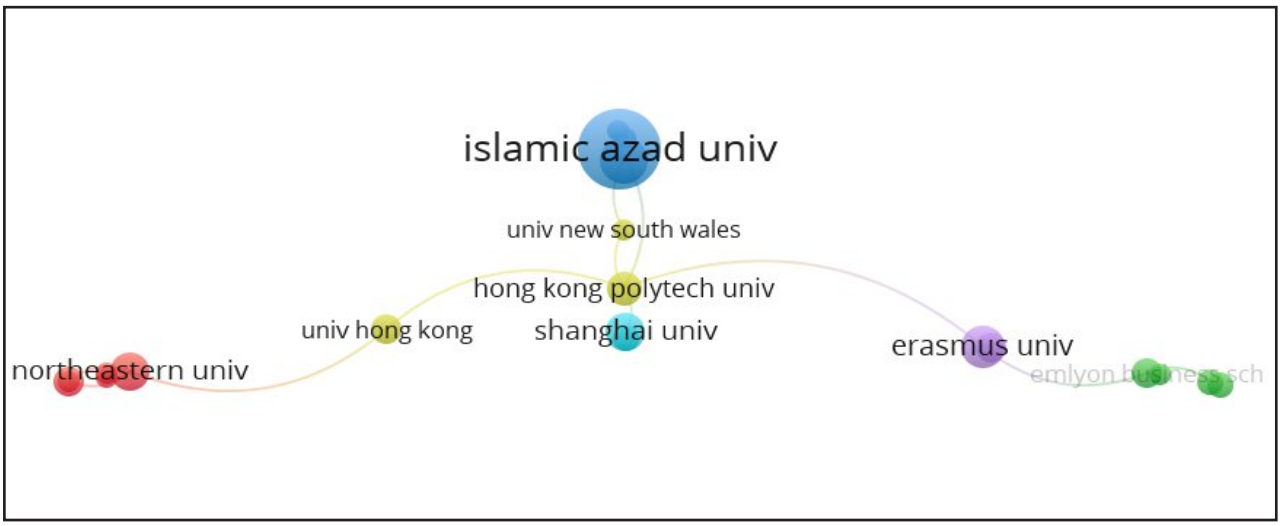
A imagem 3 apresenta autores que mais publicaram no espaço temporal deste trabalho bibliométrico.

Figura 3 – Autores com mais publicações



Fonte: Extraído do *software VOSviewer* elaborado pelos autores

Figura 4 – Instituições com maiores contribuições para modelagem matemática



Fonte: Extraído do *software VOSviewer* elaborado pelos autores

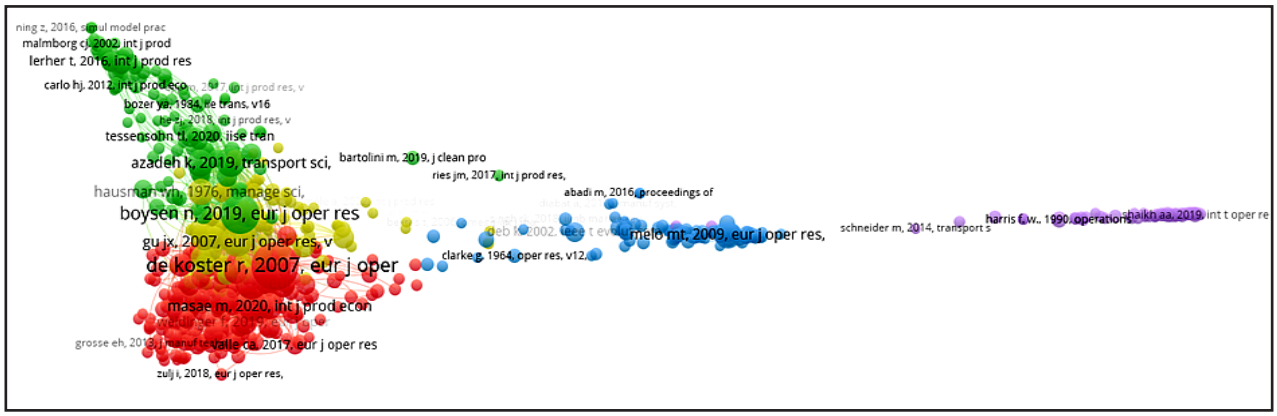
O pesquisador René (M.) B.M, professor de logística e gestão da Rotterdam School of Management, que faz parte da Universidade Erasmus, na Holanda, se destaca como o principal autor na área, com um número significativo de publicações. Suas contribuições têm sido cruciais para a solução de lacunas globais em temas como armazenagem e modelos matemáticos. Também foi possível identificar as instituições de ensino às quais os pesquisadores estão afiliados, o que ressalta o papel dessas organizações na investigação das lacunas abordadas neste trabalho.

A Universidade Islâmica Azad, contribuiu com dezenove pesquisas para a comunidade acadêmica, colocando o Irã em um lugar de destaque quanto às pesquisas matemáticas relacionadas ao tema, assim como Hong Kong que tem um total de produção de quinze artigos.

Para aprofundamento da análise do resultado, verificou-se também as referências mais citadas pelos autores da pesquisa, o que aponta um estudo com citações de impacto para população acadêmica e estudos de qualidade que podem subsidiar lacunas futuras para próximas pesquisas.

A Imagem 5 apresenta essa busca, realizada no VOSviewer, o que determinas as áreas de pesquisa sobre o tema buscado nesta pesquisa.

Figura 5 – Instituições com maiores contribuições para modelagem matemática



Fonte: Extraído do *software VOSviewer* elaborado pelos autores

A concentração das cores detalha as vertentes de pesquisas realizadas, neste caso foram cinco pesquisas que apontaram uma estrutura espalhada entre as referências citadas pelos autores. Observa-se que o estudo mais citado foi o dos autores De Koster, Le-Duc e Roodbergen (2007), com 97 citações, intitulado “Design and control of warehouse order picking: A literature review”.

A pesquisa buscou uma revisão sistemática de métodos de separação de pedidos e apontou o crescimento do tema durante os anos, apontando os layouts e as técnicas de separação de pedido que otimizam tempo e evitam uma atividade mais trabalhosa.

Outro autor entre os mais citados, Boysen (2019) trata em sua pesquisa “Warehousing in the e-commerce era: A survey” de uma proposta de sistema para, por meio da metodologia de pesquisa operacional.

Observa-se grandes produtos neste estudo para busca direcionada a pesquisa sobre o tema proposto para esse artigo de bibliometria, subsidiando pesquisadores a realizarem resoluções de suas lacunas com os produtos encontrados no VOSviewer.

5 CONCLUSÃO

Este estudo alcançou seu objetivo central ao mapear a produção científica internacional sobre a modelagem matemática aplicada à abertura e à localização de armazéns de grãos,

com foco em soja e milho. A análise bibliométrica de 1.204 artigos publicados entre 2020 e 2024, processada com o auxílio do software VOSviewer, permitiu identificar tendências de pesquisa, autores mais influentes, instituições de destaque e países líderes na área, além de classificar palavras-chave em termos de relevância e recorrência.

Os resultados evidenciam que o tema da localização ótima de armazéns está em expansão e se diversifica para além dos modelos clássicos determinísticos, incorporando dimensões multicritério, ambientais e sociais. A análise de *hot topics* mostrou que a comunidade científica tem direcionado esforços para problemas de otimização aplicados a logística agrícola, integração de sustentabilidade e adoção de técnicas robustas frente às incertezas. Esse panorama confirma a crescente maturidade acadêmica do campo e sua contribuição para enfrentar desafios logísticos globais.

Do ponto de vista aplicado, o estudo reforça que a realidade brasileira se distingue pelo grave déficit de armazenagem. Dados recentes da CONAB (2025) e do IBGE (2024) revelam que a capacidade estática de estocagem é insuficiente frente à produção nacional, criando gargalos logísticos que resultam em custos elevados, perdas pós-colheita, sobrecarga do modal rodoviário e impactos ambientais. Nesse sentido, a literatura nacional revisada — que inclui desde diagnósticos regionais (Ribeiro *et al.*, 2010; Leitão; Oppelt; Da Silva, 2020) até dissertações e teses aplicando modelos de otimização e análise multicritério (Barboza, 2014; Souza, 2019) — evidencia avanços importantes, mas ainda pontuais e regionais.

Assim, a contribuição deste trabalho não se restringe ao levantamento bibliométrico: ele oferece insumos para conectar a produção científica global às necessidades concretas do agronegócio brasileiro. Ao revelar lacunas de pesquisa e potenciais de aplicação, o estudo sugere que futuras investigações devem priorizar: (i) o desenvolvimento de modelos dinâmicos capazes de antecipar a evolução da produção agrícola; (ii) a incorporação explícita de custos socioambientais e emissões de carbono nas funções objetivo; e (iii) a análise de desempenho pós-implantação de novos armazéns, de modo a validar recomendações locacionais.

Portanto, este trabalho contribui tanto para o avanço acadêmico, ao sistematizar o estado da arte da modelagem matemática aplicada à armazenagem de grãos, quanto para a prática, ao subsidiar políticas públicas e decisões estratégicas de investimento em infraestrutura. O fortalecimento da capacidade de armazenagem no Brasil é condição essencial para a competitividade do agronegócio, e a pesquisa científica oferece ferramentas robustas para orientar esse processo de forma eficiente, sustentável e alinhada às demandas globais de segurança alimentar.

REFERÊNCIAS

AKAN S., GÜNEŞ N. T. **Potential effects of storage period, warehouse locations, and methyl jasmonate in long-term stored garlic bulbs.** Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2021.

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa Operacional: Para cursos de engenharia** (2a ed.). São Paulo: GEN LTC. 2015.

BANKS, J. A. **Improving race relations in schools: From theory and research to practice**. Journal of Social Issues. 2006. 62, 607-614.

BARBOZA, Patrícia Dias; VIEIRA, José Geraldo Vidal. **Análise de decisão multicritério aplicada na seleção de investimento em armazenagem de soja em grão**. Produto & Produção, v. 15, n. 2, 2014.

BASCIFTCI, Beste. **Distributionally Robust Optimization in Facility Location Problems**. In: Encyclopedia of Optimization. Cham: Springer International Publishing, p. 1-10, 2022.

BOYSEN, N.; DE KOSTER, R.; WEIDINGER, F. **Warehousing in the e-commerce era: A survey**. European Journal of Operational Research, v. 277, n. 2, p. 396-411, 2019.

BRAGATTO, Silvana Aparecida. **Otimização do Sistema de Armazenagem de Grãos: Um estudo de caso**. Revista Produção Online, v. 1, n. 1, 2001.

CARDONA L. F.; RIVERA-CADAVID L. **Including operational costs in warehouse location problems: A case study in USA**. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, nº 111, pp. 88-104, Apr-Jun 2024.

CHENG, Chun et al. **Distributionally robust facility location with uncertain facility capacity and customer demand**. Omega, v. 122, p. 102959, 2024.

CNA; ESALQ-LOG. **Diagnóstico da Armazenagem Agrícola no Brasil**. Brasília: Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: safra 2024/25**. v. 12, nº 10. jul. 2025.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Relatório Armazenagem: Parte 01, Cap. 01 ao 05**. [S. l.: s. n.]. Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br/storage/arquivos/Relato_rio-Armazenagem-_PARTE01_CAP-05_compressed-1.pdf. Acesso em: 28 jan. 2025.

DA SILVA, N. L. O.; AGUIAR, A. G.; PEREIRA, A. R.; EVANGELISTA, C. L. E. L.; DE LIRA, G. T.; NETO, O. C. **Déficit De Armazenagem de grãos no Brasil**. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 2, n. 1, 2024.

DE KOSTER, R.; LE-DUC, T.; ROODBERGEN, K. J. **Design and control of warehouse order picking: A literature review**. European journal of operational research, v. 182(2), p. 481-501, 2007.

ERDEN, Caner; ATEŞ, Çağdaş; ESEN, Sinan. **Distribution center location selection in humanitarian logistics using hybrid BWM–ARAS: a case study in Türkiye**. Journal of Homeland Security and Emergency Management, v. 21, n. 3, p. 383-415, 2024.

FUZIKAWA, E. K.; REIS, S. A.; SANDI, D. **Decision support model for the Federal District family farmer's tactical planning for the green basket program**.Management and administrative professional review, v. 14, n. 2, p. 2161-2176, 2023.

GUTH, Thomé Luiz Freire. **Modelo multicritério AHP para apoiar a decisão de localização de armazéns graneleiros em região de fronteira agrícola**. Dissertação de Mestrado em Agronegócios, Brasília, 2023.

INFRA S. A. **Boletim de Logística: Armazenagem de Grãos no Brasil – características, entraves, diagnóstico e propostas**. Brasília, abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Agência de notícias**. Brasília: IBGE. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/41899-capacidade-de-armazenagem-agricola-cresce-5-4-e-chega-a-222-3-milhoes-de-toneladas-no-1-semestre-de-2024. Acesso em: 28 jan. 2025.

KESHAVARZ-GHORABAEE, Mehdi. **Assessment of distribution center locations using a multi-expert subjective–objective decision-making approach**. Scientific Reports, v. 11, n. 1, p. 19461, 2021.

LEITÃO, F. O.; OPPELT, G. J.; e da SILVA, W. H. **Mapeamento das perdas da armazenagem da soja: um estudo de caso em uma cooperativa de armazenagem de grãos**. Revista de Gestão e Organizações Cooperativas, vol. 7, n°13, jan./jun. Santa Maria (RS): 2020. Disponível em: https://doi.org/10.5902/2359043237807. Acesso em: 28 jan. 2023.

LERHER, T.; YETKIN EKREN, B.; SARI, Z.; ROSI, B. **Simulation analysis of shuttle based storage and retrieval systems**. International Journal of Simulation Modelling. 2021.

LONGARAY, A.A. **Introdução à pesquisa operacional**. Saraiva Educação SA, 2017.

MONDAL, R.; DAS, S.; AKHTAR, M.; SHAIKH, A. A.; BHUNIA, A. K. **A two-warehouse inventory model for deteriorating items with partially backlogged demand rate under trade credit policies**. International Journal of System Assurance Engineering and Management, p. 1-18, 2024.

MUERZA, Victoria et al. **Selection of an international distribution center location: A comparison between stand-alone ANP and DEMATEL-ANP applications**. Research in Transportation Business & Management, v. 56, p. 101-135, 2024.

MUKHERJEE, T.; SANGAL, I.; SARKAR, B.; ALMAAMARI, Q.; ALKADASH, T. M. **How effective is reverse cross-docking and carbon policies in controlling carbon emission from the fashion industry?** Mathematics, v. 11(13), p. 2880, 2023.

OKUBO, Y. **Bibliometric Indicators and Analysis of Research Systems: Methods and Examples**. Paris: OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 1997.

PAJIĆ, Vukašin et al. **Strategic warehouse location selection in business logistics: A novel approach using IMF SWARA–MARCOS—A case study of a Serbian logistics service provider**. Mathematics, v. 12, n. 5, p. 776, 2024.

PAOLESCHI, B. **Estoques e armazenagem**. Saraiva Educação SA, 2018.

PEZO, L.; BANJAC, V.; PEZO, M.; JOVANOVIĆ, A. P.; ĐURAGIĆ, O.; ČOLOVIĆ, D.; ČOLOVIĆ, R. **Mathematical model, numerical simulation and optimization of rotating valve feeder in animal feed production**. Animal Feed Science and Technology, 2021. 272, p.114741.

RIBEIRO, S.; MANSANO, F. H.; HAUBER GAMEIRO, A.; LOPES, R. L. **Custo do transporte como ferramenta de gerenciamento logístico para a soja: o caso da rota Maringá–Paranaguá**. Revista Adm. Made, v. 13, n. 3, p. 87-100, 2010.

RIBEIRO, Saulo et al. **Custo do transporte como ferramenta de gerenciamento logístico para a soja: o caso da rota Maringá-Paranaguá**. Revista Adm. Made, v. 13, n. 3, p. 87-100, 2009.

ROY, D.; NIGAM, S.; DE KOSTER, R.; ADAN, I.; RESING, J. **Robot-storage zone assignment strategies in mobile fulfillment systems**. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2019. 122, 119-142.

SANJARI-PARIZI, M.; SAZVAR, Z.; NAYERI, S.; MEHRALIZADE, R. **Novel decision-making methods for the sustainable warehouse location selection problem considering the value alteration boundaries and accumulation of alternatives**. Clean Technologies and Environmental Policy. 2024. 4. 1-26.

SANJARI-PARIZI, Mohammad et al. **Novel decision-making methods for the sustainable warehouse location selection problem considering the value alteration boundaries and accumulation of alternatives**. Clean Technologies and Environmental Policy, v. 26, n. 9, p. 2977-3002, 2024.

SANTOS, C. S. R.; CAMPAGNARO, L.; ZAMBUZI, N. C. **Modelo de otimização para localização de armazéns na cadeia de escoamento de soja e milho**. In. XIII Encontro nacional de engenharia de produção, 2022.

SHANNON, C. E. **A mathematical theory of communication**. The Bell system technical journal. 1948. 27. 3. 379-423.

SILVA, D. P. **Estudo sobre dados para ampliação de um modelo matemático em apoio à definição de localização e abertura de armazém de milho e soja**. Dissertação (Mestrado no Agronegócio) - Universidade de Brasília, 2024.

SILVA, V. P. A.; REIS, S. A.; LEITÃO, F. **Localização de instalações: um estudo de caso aplicado à piscicultura no DF**. Enegep, 2018.

SOUZA, M. F. **Otimização locacional de novas unidades armazenadoras de grãos em Minas Gerais**. Dissertação – UFMG, 2019.

SOUZA, Matheus Melo de; OLIVEIRA, Andréa Leda Ramos de; SOUZA, Marlon Fernandes de. **Localização de armazéns agrícolas baseada em análise multicritério espacial**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 62, 2023.

VALENTE, Domingos SM et al. **A decision support system for cost determination in grain storage facility operations**. Engenharia Agrícola, v. 31, p. 735-744, 2011.

ZHANG, S.; ZHUGE, D.; TAN, Z.; ZHEN, L. **Order picking optimization in a robotic mobile fulfillment system**. Expert Systems with Applications, v. 209, p. 118338, 2022.

ZHANG, Shuanglu et al. **Order picking optimization in a robotic mobile fulfillment system**. Expert Systems with Applications, v. 209, p. 118-338, 2022.

Contribuição de Autoria

1 – Douglas Pereira Silva

Doutourando em Agronegócio
https://orcid.org/0000-0002-6702-8089 - dopsilog@gmail.com
Contribuição: Conceituação, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição, Investigação, Curadoria de dados, Análise Formal, Visualização

2 – Luiz Honorato Da Silva Junior
Doutor em Economia
https://orcid.org/0000-0002-2840-3579 - lula_honorato@hotmail.com
Contribuição: Conceituação, Metodologia, Escrita – revisão e edição

3 – Eduardo Simão de Souza Vieira
Consultor Parlamentar do Senado Federal e Mestrando pela Universidade de Brasília
https://orcid.org/0009-0001-6275-1614 - eduardo.simao@aluno.unb.br
Contribuição: Conceituação, Metodologia, Escrita – revisão e edição

Conflito de Interesses

Os autores declararam não haver conflito de interesses.

Direitos autorais

Os autores dos artigos publicados pela RGC mantêm os direitos autorais de seus trabalhos.

Verificação de Plágio

A RGC mantém a prática de submeter todos os documentos aprovados para publicação à verificação de plágio, utilizando ferramentas específicas, como por exemplo: Turnitin.

Editores de seção

Marcia Helena dos Santos Bento.

Editora Chefe

Marcia Helena dos Santos Bento.

Como citar este artigo

SILVA, D. P.; SILVA JUNIOR, L. H. ; VIEIRA, E. S.S. Análise bibliométrica da modelagem matemática para abertura e localização de armazéns de soja. **Revista de Gestão e Organizações Cooperativas**, Santa Maria, v.13, n.25 e93446, 2026. DOI 10.5902/2359043293446. Disponível em: https://doi.org/10.5902/2359043293446